

Armazenagem de morangos cv. Camarosa e cv. Verão em atmosfera modificada

Renar João Bender*, Ernani Pezzi, Marcos Laux de Leão e Michel Elias Casali

Departamento de Horticultura e Silvicultura, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Av. Bento Gonçalves, 7712, 91540-000, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: rjbe@ufrgs.br

RESUMO. A modificação da atmosfera de armazenagem é uma possibilidade de prolongar a vida pós-colheita de morangos. No presente trabalho, foram avaliadas quatro composições iniciais de atmosferas (3 kPa O₂ + 10 kPa CO₂; 5 kPa O₂ + 15 kPa CO₂; 21 kPa O₂ + 15 kPa CO₂; e ar ambiente) em combinação com diferentes tempos de armazenagem. Morangos (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Camarosa e Verão foram colhidos e colocados em embalagens de comercialização ainda nas lavouras. No galpão de embalagem, estas embalagens foram envoltas por sacos de polietileno com permeabilidade de 0,21 e 0,14 a 0,15 mL cm⁻² hora⁻¹ para O₂ e para CO₂, respectivamente. O emprego de atmosferas com concentrações iniciais de O₂ e CO₂, assim como o uso de polietileno contendo apenas ar ambiente, permite manter a qualidade de morangos cv. Camarosa por até seis dias de armazenagem a 1°C. Morangos da cv. Verão não se beneficiaram da modificação de atmosfera a 4°C. Os teores de sólidos solúveis totais, da acidez titulável e do ácido ascórbico, assim como a resistência à deformação, de morangos da cv. Camarosa não foram influenciados pelas combinações de atmosferas. Morangos da cv. Verão, no entanto, perderam significativamente firmeza de polpa e teores de ácido cítrico ao longo do período de armazenagem.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, pós-colheita, frigoconservação.

ABSTRACT. Modified atmosphere storage of cv. Camarosa and cv. Verão strawberries. Modified atmosphere storage is one of the possibilities to prolong the postharvest shelf life of strawberries. In the present work, four combinations of O₂ and CO₂ concentrations (3 kPa O₂ + 10 kPa CO₂; 5 kPa O₂ + 15 kPa CO₂; 21 kPa O₂ + 15 kPa CO₂; and ambient air) were evaluated along various storage periods. Cv. Camarosa and cv. Verão strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch) were harvested from commercial groves and placed in trays and stored in low density polyethylene bags of 0.21 and 0.14 to 0.15 mL cm⁻² hour⁻¹ permeability to O₂ and CO₂, respectively. Modified atmospheres starting from known concentrations of O₂ and CO₂ or only ambient air maintain the quality of cv. Camarosa strawberries for up to 6 days at 1°C. Cv. Verão berries did not benefit from modified atmospheres at 4°C. Total soluble solids, titratable acidity, as well as ascorbic acid contents and resistance to berry deformation were not influenced by the different atmospheres. Cv. Verão, however, lost significantly more flesh firmness and had reduced titratable acidity contents along the storage periods.

Key words: *Fragaria x ananassa*, postharvest, cold storage.

Introdução

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch) é um produto de alto valor comercial, principalmente, para o mercado in natura. Uma das dificuldades encontradas na produção de morangos é a conservação após a colheita, pois se trata de um produto altamente perecível e suscetível ao ataque de fungos (STEEN et al., 2002). Alguns poucos dias a mais de vida de prateleira com qualidade e sem podridões podem significar muito na logística de distribuição da produção.

A utilização de temperaturas de refrigeração pode auxiliar no aumento do tempo de conservação pós-

colheita. Temperaturas de armazenagem refrigerada são a base para métodos complementares de conservação e controle de podridões em morangos (ALLENDE et al., 2007), entre os quais a modificação de atmosfera.

Armazenagem de morangos em atmosferas com concentrações diminuídas de oxigênio (O₂) e enriquecidas com dióxido de carbono (CO₂) tem sido recomendada para aumentar o tempo de conservação de morangos, com a manutenção da qualidade dos frutos (FONSECA et al., 2002). A alteração das concentrações de O₂ e de CO₂ nas embalagens pode ser obtida de forma passiva, pela

respiração dos frutos, ou pode ser ativada pela injeção de misturas preconizadas como adequadas de concentrações de O₂ e de CO₂.

Calegario et al. (2002) testaram duas combinações iniciais de O₂ e de CO₂ para morangos da cv. Oso Grande envolvidos nas embalagens de comercialização em bolsas de polietileno de baixa densidade com 90 µm de espessura, sem, no entanto, acompanhar a alteração das concentrações dos gases no interior da embalagem. Os autores concluíram que houve benefício da modificação da atmosfera (MA) na manutenção dos teores de açúcares totais e de acidez titulável, de ácido ascórbico e firmeza de polpa e coloração da epiderme por até sete dias a 0°C.

Calegario et al. (2002) também concluíram que as concentrações iniciais de O₂ e de CO₂ não influenciam a qualidade final dos morangos. No presente trabalho, objetivou-se testar mais combinações iniciais de atmosferas com outras duas cultivares de morango de grande expressão no Rio Grande do Sul. Outro objetivo foi monitorar a modificação das concentrações de O₂ e de CO₂ no interior de embalagem, em função da espessura e da permeabilidade do filme plástico.

Material e métodos

No presente trabalho foram conduzidos quatro experimentos utilizando morangos da cv. Camarosa e da cv. Verão. A 'Camarosa' é uma cultivar denominada de dia curto porque responde ao fotoperíodo, enquanto a 'Verão' é uma cultivar de dia neutro, uma cultivar que não responde a fotoperíodo para entrar em produção. Para um dos experimentos, colheram-se morangos da cv. Camarosa, no mês de janeiro, em lavoura comercial no município de Farroupilha, Estado do Rio Grande do Sul. Os morangos foram colhidos para dentro das embalagens de comercialização (cumbucas) e, logo após, transportados em veículo sem refrigeração até o laboratório do Instituto de Ciência e Tecnologia dos Alimentos da UFRGS para instalação do experimento e armazenagem a $1 \pm 1^\circ\text{C}$ e umidade relativa acima de 90% por seis ou 13 dias.

Para os demais experimentos, os morangos foram colhidos e acondicionados nas embalagens de comercialização, em dezembro (colheita na estação de verão) e outubro (colheita na primavera), de lavoura comercial do município de São Sebastião do Caí, Estado do Rio Grande do Sul. Estes experimentos foram armazenados na unidade frigorífica existente na propriedade por até 13 dias, a $4 \pm 1,5^\circ\text{C}$ e umidade relativa acima de 90%.

Os morangos da cv. Camarosa, acondicionados nas embalagens de comercialização, foram cobertos com filme de 10 µm de espessura. As cumbucas com os morangos foram então acondicionadas em bolsas de polietileno de baixa densidade (PEBD). No experimento conduzido com morangos colhidos na estação quente, utilizou-se uma embalagem de 52 x 90 cm e 90 µm de espessura. A permeabilidade desta embalagem para O₂ e CO₂ foi de 0,21 e de 0,14 mL cm⁻² hora⁻¹, respectivamente. Para o experimento conduzido no mês de outubro (primavera), foram utilizadas bolsas de PEBD de 35 x 60 cm com 75 µm de espessura com permeabilidade a O₂ e CO₂ de 0,21 e 0,15 mL cm⁻² hora⁻¹, respectivamente.

Em cada bolsa foram acondicionadas quatro cumbucas contendo, cada uma, aproximadamente 400 g de morangos. As bolsas foram lacradas com fita de alta aderência e o ar retirado com bomba de vácuo. A seguir, foram injetadas as seguintes misturas pré-prontas com O₂ e de CO₂, com balanço de nitrogênio, de cilindros tipo T: 3 kPa de O₂ + 10 kPa de CO₂; 5 kPa de O₂ + 15 kPa de CO₂ e 21 kPa de O₂ + 15 kPa de CO₂. O tratamento-testemunha foi apenas ar ambiente na embalagem.

Para determinar as alterações das atmosferas internas das bolsas durante o período de armazenagem, foram monitoradas as concentrações de O₂ e de CO₂ em sistema de recirculação da atmosfera de cada bolsa com analisador de gases portátil equipado com detector de zircônio (modelo CRC 102, marca Climasul, Caxias do Sul, Estado do Rio Grande do Sul). Em cada bolsa, foram acoplados tubos de látex para possibilitar o sistema de recirculação.

Ao final de cada período de armazenagem foram retiradas amostras de frutos e analisadas no Laboratório de Fisiologia Pós-colheita da Faculdade de Agronomia da UFRGS. Primeiramente, os morangos foram avaliados visualmente para simular a observação do consumidor no momento da compra. Considerou-se a ocorrência de podridões, especialmente o mofo cinzento (*Botrytis cinerea*), escurecimento da epiderme, perda de brilho dos morangos e presença de odores estranhos. A incidência de podridões foi determinada como: a) alta - quando mais de 20% dos morangos de cada unidade experimental apresentavam sinais de fungos; b) intermediária - quando 10 a 20% dos morangos das unidades experimentais apresentavam sinais de fungos e c) baixa - quando menos de 10% dos morangos apresentavam sinais de fungos. As demais avaliações subjetivas consideraram apenas presença (S) ou ausência (N) de brilho, escurecimento e odor de fermentado.

Os morangos também foram analisados para perda de massa fresca e suscetibilidade à deformação de polpa por medidor de deformação. A deformação da polpa foi medida com relógio comparador adaptado em uma plataforma de acrílico que se apoiava nos morangos por uma ponteira Magness-Taylor de 11 mm de diâmetro. De cada unidade experimental, foram retirados dez morangos e submetidos, individualmente, a uma compressão de 250 gf durante 5 s. Os resultados foram expressos em mm de deformação de polpa.

Logo a seguir, todos os morangos de cada unidade experimental foram triturados em um processador doméstico de frutas para determinação da acidez titulável. Do homogeneizado, retirou-se uma amostra de 6 g que, diluída em 100 mL de água destilada, foi titulada com NaOH 0,1 N até pH 8,1. Os resultados foram expressos em percentual de ácido cítrico na base de peso fresco.

Para a determinação dos teores de ácido ascórbico, 2,5 g do homogeneizado foram diluídos em 50 mL de uma mistura de ácido metafosfórico 6% em ácido acético glacial 2 N. A mistura foi centrifugada por 30 min. a 5.000 rpm. Os teores de ácido ascórbico, expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de matéria fresca, foram determinados pelo método da 2,4-dinitrofenilhidrazina, com leitura da absorbância a 540 nm em espectrofotômetro marca Coleman, modelo 395-UV. A concentração de ácido ascórbico foi calculada a partir de uma curva-padrão de 5 a 30 μg de ácido ascórbico mL^{-1} .

Os teores de açúcares totais, expressos em mg de açúcares g^{-1} de matéria fresca, foram determinados diluindo-se 4 g do homogeneizado de polpa de morangos em 36 mL de etanol 80%. A mistura foi aquecida em banho-maria a 80°C, por 20 min. O extrato alcoólico foi congelado a -15°C por, pelo menos, 24h. Após este período, procedeu-se à filtração do extrato completando o volume para 100 mL. Os açúcares totais foram, então, determinados pelo método fenol-ácido sulfúrico, conforme descrito em (DUBOIS et al., 1956), com leitura em absorbância a 490 nm em espectrofotômetro Coleman, modelo 395-UV.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento experimental completamente casualizado com quatro repetições (cv. Verão) e três repetições (cv. Camarosa). Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SAS 8.2 (SAS, 2001). As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultados e discussão

As perdas de massa fresca dos morangos foram baixas ao longo dos períodos de armazenagem. A

perda máxima observada nos experimentos foi de 0,9%. Garcia et al. (1998) indicam que perdas de massa de até 6% são toleráveis em morangos. O procedimento usual na comercialização de morangos, em que a cumbruc é envolvida com um filme esticável de 10 μm de espessura, contribui significativamente para a redução da desidratação dos morangos. Ademais, com utilização de bolsas para formar a MA para os morangos, criou-se um ambiente amplamente favorável à manutenção de altas umidades relativas e, conseqüentemente, diminuir o déficit de pressão de vapor junto aos morangos, resultando em menor perda de massa fresca dos frutos.

Se, por um lado, houve benefício do uso de filmes na reduzida perda de massa fresca, o ambiente de alta umidade favoreceu o desenvolvimento de fungos. No experimento conduzido com morangos da cv. Verão, colhidos em dezembro, mais de 20% dos morangos de todas as unidades experimentais, já aos seis dias de armazenagem, apresentaram algum sinal de fungos (Tabela 1). Este nível de ocorrência é um indicativo de que a vida útil de morangos da cv. Verão em colheita de dezembro é menor do que seis dias. A conclusão é baseada na afirmação de Hertog et al. (1999) de que o consumidor tende a rejeitar a compra de morangos já quando é possível alguma visualização de presença de fungos.

A rápida deterioração deve ser também atribuída ao manejo da temperatura da unidade de armazenagem do produtor. Temperaturas acima de 0°C permitem um metabolismo mais acelerado, contribuindo para uma senescência mais rápida. Esta situação é ainda exacerbada pelo fato de a safra de morangos no Vale do Rio Caí encontrar-se no seu final e com plantas sofrendo com a elevação das temperaturas. As temperaturas médias observadas para a região, nos meses de novembro e dezembro, foram de 20,8 e 25,8°C, respectivamente. As médias das máximas para este período foram superiores a 27,4°C e as médias das mínimas não foram menores que 14,2°C. Nestas condições de temperaturas elevadas, a qualidade de frutos – como firmeza de polpa, teores de acidez titulável e de sólidos solúveis totais – pode ser reduzida, como já foi observado por Hertog et al. (1999) e Hoppula e Karhu (2006).

Nessa condição de produção de início de verão e regimes de temperaturas em elevação, os morangos vêm da lavoura com calor de campo maior. O produtor também não realiza um tratamento de pré-resfriamento, que poderia reduzir o tempo transcorrido para que a polpa dos morangos atinja temperatura de armazenagem, melhorando, assim, a qualidade final dos frutos. Pérez et al. (1998) concluíram que morangos da cv. Oso Grande

tinham uma aparência geral e qualidade interna melhores quando o tempo de resfriamento da polpa para 2°C era de menos de 3h, na comparação ao resfriamento na unidade de armazenagem, que demorou em torno de 9h para atingir a mesma temperatura de polpa.

Tabela 1. Ocorrência de micélio e escurecimento, perda de brilho e presença de odor de fermentado em morangos das cultivares Verão e Camarosa armazenados por até 13 dias, a temperaturas de 1 ou 4°C, em diferentes composições iniciais de atmosfera modificada.

Cv. Verão em colheita de dezembro (verão)					
Tempos de armazenagem	Composição da AM (kPa)	Presença de micélio	Escurecimento	Brilho	Odor de fermentado
6 dias	Ar ambiente	A ¹	S	N	S
	3 O ₂ + 10 CO ₂	A	S	N	S
	5 O ₂ + 15 CO ₂	A	S	N	S
Cv. Camarosa em colheita de janeiro (verão)					
6 dias	Ar ambiente	N	N	S	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	B	N	S	N
	5 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
	21 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
13 dias	Ar ambiente	I	S	N	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	I	N	N	S
	5 O ₂ + 15 CO ₂	I	S	N	S
	21 O ₂ + 15 CO ₂	I	S	N	S
Cv. Verão em colheita de outubro (primavera)					
4 dias	Ar ambiente	N	N	S	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	N	N	S	N
	5 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
	21 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
6 dias	Ar ambiente	N	N	S	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	N	S	S	N
	5 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
	21 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
8 dias	Ar ambiente	N	S	S	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	N	S	S	N
	5 O ₂ + 15 CO ₂	N	S	S	N
	21 O ₂ + 15 CO ₂	N	S	S	N
Cv. Camarosa em colheita de outubro (primavera)					
4 dias	Ar ambiente	N	N	S	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	N	N	S	N
	5 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
	21 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
6 dias	Ar ambiente	N	N	S	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	N	N	S	S
	5 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
	21 O ₂ + 15 CO ₂	N	N	S	N
8 dias	Ar ambiente	N	N	S	N
	3 O ₂ + 10 CO ₂	N	S	N	S
	5 O ₂ + 15 CO ₂	N	S	N	S
	21 O ₂ + 15 CO ₂	N	S	S	N

¹Legenda das avaliações subjetivas: S = sim; N = não; B = baixo (< 10%); I = intermediário (10 - 20%); A = alto (> 20%).

Essa situação de alta temperatura de polpa não foi observada com a cv. Camarosa, colhida em janeiro na região da Serra Gaúcha. A ocorrência de podridões foi baixa. Menos de 20% dos frutos foram atacados ao longo de 13 dias de armazenagem. Apenas morangos mantidos sob atmosfera de 3k Pa de O₂ + 10 kPa de CO₂ apresentaram sinais de fungos aos seis dias de armazenagem. Na região da Serra, de maior altitude, as temperaturas de verão são mais amenas, favorecendo melhor qualidade da

produção. Nesta região, a média das máximas temperaturas foi de 26,5°C, enquanto a temperatura média foi de 21,8°C.

Warmund et al. (2007) indicam que diferenças de 3 a 4°C têm efeito significativo sobre variáveis qualitativas de maçãs quando os autores compararam temperaturas amenas, em torno de 27°C, com temperaturas elevadas, acima de 31°C.

Nos experimentos conduzidos com morangos colhidos na primavera, tanto a cv. Verão como a cv. Camarosa não apresentaram incidência de podridões. As análises subjetivas dos morangos indicam que eles mantiveram qualidade de comercialização apenas até os seis dias de armazenagem. Com oito ou mais dias de armazenagem, os morangos de ambas as cultivares, e em praticamente todas as composições de O₂ e de CO₂, apresentaram escurecimento de polpa ou perda de brilho, prejudicando a qualidade visual para comercialização. Pelayo-Zaldivar et al. (2007) também observaram efeitos de composições enriquecidas de CO₂ no brilho de morangos cv. Camarosa.

A detecção de odor fermentado, observado na cv. Camarosa, especialmente a partir do oitavo dia de armazenagem, nos tratamentos com concentração de 3 ou 5 kPa de O₂ inicial, pode ser uma indicação de que morangos desta cultivar são mais sensíveis a baixas concentrações de oxigênio. Imahori et al. (2005) também detectaram odores estranhos em morangos aos sete dias, em atmosfera modificada com concentrações de oxigênio menores que 10 kPa. Os autores ainda associaram estes odores mais à presença de etanol do que ao acetaldeído, que foi determinado em baixas concentrações durante a armazenagem. Por outro lado, Soegiarto e Wills (2006) obtiveram um incremento em 250% da vida pós-colheita de morangos quando utilizaram modificação de atmosfera com 5 ou 2 kPa de O₂, em temperaturas de 5 ou 10°C.

Esses resultados discordantes permitem supor que deve haver diferenças varietais na ativação da respiração anaeróbica em resposta a baixas concentrações de O₂. Esta é a conclusão de Fernández-Trujillo et al. (1999). Os autores, na avaliação do metabolismo fermentativo em sete cultivares de morangos, apontaram que há diferenças quanto à sensibilidade destas cultivares a concentrações elevadas de CO₂.

O monitoramento das concentrações de O₂ e de CO₂, no interior das embalagens de PEBD, indica que as alterações das concentrações dependem primordialmente da permeabilidade da embalagem, uma vez que o filme esticável, de acordo com Brackmann et al. (1999), não tem efeito sobre a atmosfera das embalagens de comercialização.

Temperatura de armazenagem e tamanho da embalagem não influenciaram a composição dos gases (Figuras 1 e 2). Certamente, com uma maior quantidade de morangos nas bolsas de PEBD, reduzindo o espaço livre, poderia ter havido contribuição mais significativa na alteração da composição da atmosfera no interior da embalagem.

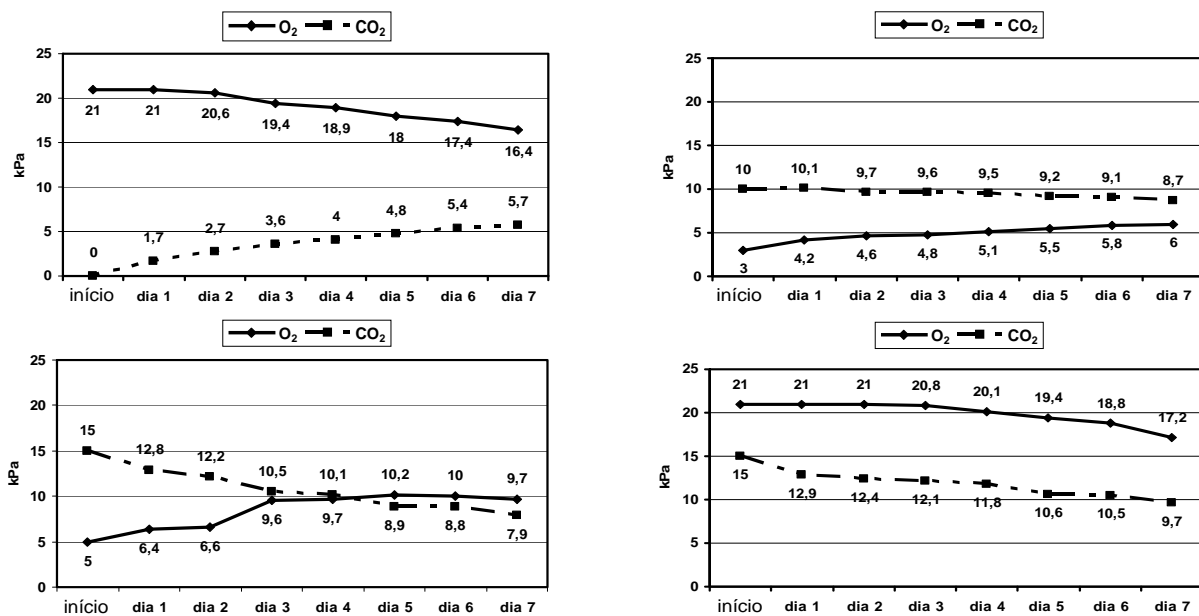


Figura 1. Alterações das concentrações de oxigênio e dióxido de carbono no interior das embalagens de polietileno de baixa densidade, de 75 µm de espessura, com morangos da cv. Camarosa colhidos no mês de outubro, ao longo de sete dias de armazenagem a 4°C. Da esquerda para a direita: testemunha (AM iniciada com ar ambiente); 3 kPa de O₂ e 10 kPa de CO₂; 5 kPa de O₂ e 15 kPa de CO₂ e 21 kPa de O₂ e 15 kPa de CO₂.

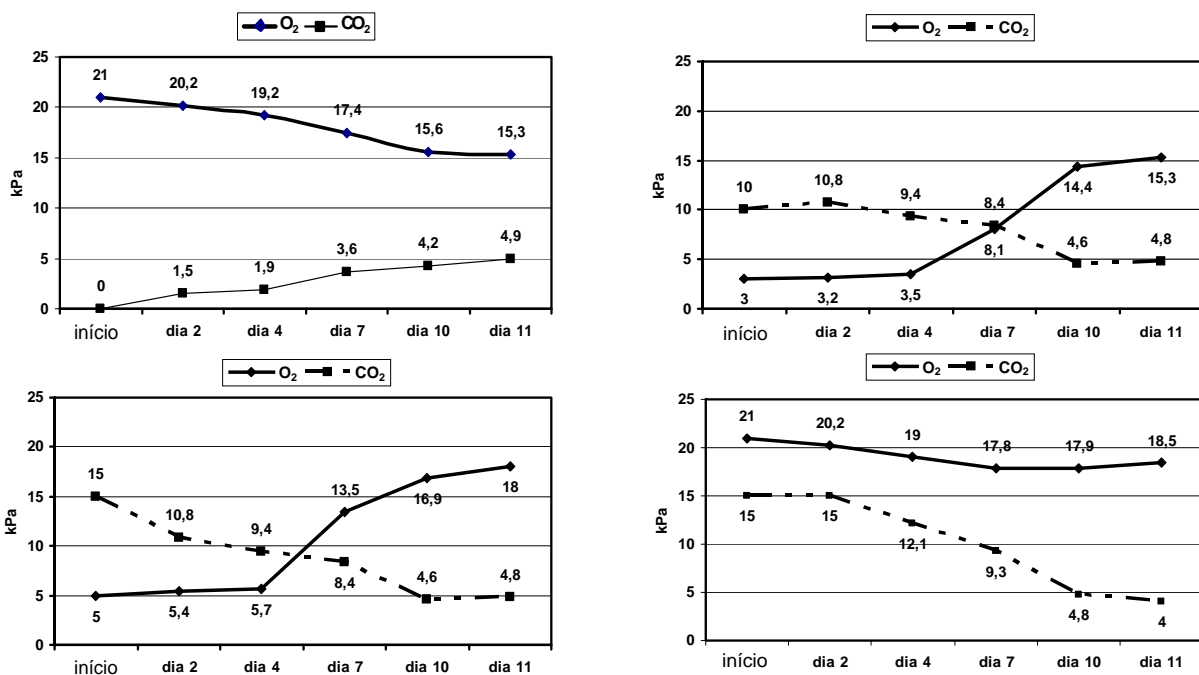


Figura 2. Alterações das concentrações de oxigênio e dióxido de carbono no interior das embalagens de polietileno de baixa densidade, de 90 µm de espessura, com morangos da cv. Camarosa colhidos no mês de janeiro, no transcorrer de 13 dias de armazenagem a 1°C. Da esquerda para a direita: testemunha (AM iniciada com ar ambiente); 3 kPa de O₂ e 10 kPa de CO₂; 5 kPa de O₂ e 15 kPa de CO₂ e 21 kPa de O₂ e 15 kPa de CO₂.

Ao longo do monitoramento da composição interna das embalagens é possível observar que aumentos nas concentrações de CO₂ tiveram a contribuição da respiração dos morangos. No tratamento em que se utilizou apenas ar ambiente para iniciar a armazenagem de AM, a concentração final foi de 4,9 kPa e de 5,7 kPa de CO₂ (Figuras 1 e 2, no alto, à esquerda). Nos tratamentos em que foram injetadas altas concentrações iniciais de CO₂, a concentração ao final dos experimentos foi da mesma magnitude. Portanto, a concentração final de CO₂ é o resultado, principalmente, da permeabilidade das embalagens e da atividade respiratória dos morangos.

Com mais dias de AM (Figura 2), especialmente a partir do décimo dia, nota-se estabilização da concentração de CO₂, o que pode significar que os morangos estão diminuindo produção de CO₂, indicando maior proximidade da senescência.

Ao contrário do CO₂, a concentração de O₂, em praticamente todas as combinações de atmosferas, aumentou ao longo da armazenagem; isso indica que as embalagens utilizadas, aparentemente, são menos eficientes na restrição de trocas de O₂ com o ambiente externo. A indicação da maior permeabilidade ao O₂ pode ser visualizada nas atmosferas que iniciaram com ar ambiente dentro das embalagens. As concentrações permaneceram acima de 16 kPa.

Na condição de concentrações de O₂ acima de 5 kPa, na maior parte do período de armazenagem, o benefício para os morangos pode ter sido pouco evidente. Mesmo assim, alguns poucos dias de baixas concentrações de O₂ podem resultar em respiração anaeróbica. De igual forma, concentrações elevadas de CO₂ também podem conduzir à anaerobiose. Steen et al. (2002) observaram em painéis organolépticos que morangos, após cinco dias, em modificação de atmosfera a 7°C estavam inaceitáveis para consumo e que isto poderia ser atribuído a concentrações de até $9,04 \pm 1,48$ kPa CO₂ acumuladas dentro das embalagens.

As análises qualitativas mostraram que não há efeito significativo das atmosferas iniciais sobre a resistência à deformação de morangos e sobre os teores de vitamina C, açúcares totais e acidez total titulável (Tabela 2). Apenas foi encontrada queda acentuada nos teores de açúcares totais em morangos da cultivar Verão colhidos na primavera, quando mantidos por oito dias em MA. Esta perda de açúcares confirma a observação do experimento com morangos colhidos na estação quente: esta cultivar tem vida de prateleira ao redor dos seis dias sob refrigeração.

As diminuições nos teores de acidez titulável, durante a armazenagem dos morangos ‘Verão’ e ‘Camarosa’, não foram significativas. Pelayo et al. (2003), por exemplo, determinaram a diminuição da acidez em três cultivares de morangos, ao longo de 11 dias de armazenagem, em percentual de ácido málico, que não é o ácido predominante. Os autores não determinaram alterações significativas em teores de ácido cítrico, que responde por mais de 70% dos ácidos. Souza et al. (1999) observaram, inclusive, aumento dos teores de ácidos em morangos da cultivar Sequoia nos primeiros dias de armazenagem, fato que atribuíram às concentrações mais elevadas de CO₂ nas atmosferas modificadas.

Tabela 2. Intensidade de deformação de morangos, teores de acidez titulável, de açúcares totais e de ácido ascórbico de morangos das cultivares Camarosa e Verão armazenados em sacos de polietileno de baixa densidade, por até 13 dias a 1°C ou 4°C, em diferentes composições iniciais de atmosfera modificada.

Tempos de armazenagem	Composição da AM (kPa)	Deformação (mm)	Açúcares totais	Acidez titulável	Ácido ascórbico
Cv. Camarosa em colheita de janeiro (verão) a 1°C					
6 dias	Ar ambiente	0,81 ns ²	51,30 ns	0,81 ns	33,30 ns
	3 O ₂ + 10 CO ₂	0,93	43,83	0,75	32,13
	5 O ₂ + 15 CO ₂	1,10	38,27	0,77	34,07
	21 O ₂ + 15 CO ₂	1,12	26,47	0,74	31,00
13 dias	Ar ambiente	0,96	39,73	0,77	33,53
	3 O ₂ + 10 CO ₂	0,94	32,27	0,75	27,80
	5 O ₂ + 15 CO ₂	1,17	41,20	0,70	29,57
	21 O ₂ + 15 CO ₂	0,93	34,45	0,69	25,95
	CV ¹	21,12	22,44	6,38	12,45
Cv. Verão em colheita de outubro (primavera) a 4°C					
4 dias	Ar ambiente	1,06	51,20	0,85	44,70
	3 O ₂ + 10 CO ₂	1,13	62,37	0,87	39,70
	5 O ₂ + 15 CO ₂	0,91	52,33	0,88	45,07
	21 O ₂ + 15 CO ₂	1,01	42,87	0,84	45,80
6 dias	Ar ambiente	1,67	52,60	0,77	40,70
	3 O ₂ + 10 CO ₂	1,34	67,50	0,77	41,17
	5 O ₂ + 15 CO ₂	1,33	64,63	0,75	53,33
	21 O ₂ + 15 CO ₂	0,76	64,20	0,76	52,77
8 dias	Ar ambiente	1,34	41,27	0,75	44,00
	3 O ₂ + 10 CO ₂	1,86	45,40	0,81	47,86
	5 O ₂ + 15 CO ₂	1,75	41,77	0,71	49,73
	21 O ₂ + 15 CO ₂	2,16	43,40	0,68	44,97
	CV	26,83	11,81	5,59	15,15
Cv. Camarosa em colheita de outubro (primavera) a 4°C					
4 dias	Ar ambiente	1,14	38,80	1,04	50,87
	3 O ₂ + 10 CO ₂	1,36	37,90	1,06	52,60
	5 O ₂ + 15 CO ₂	1,33	33,80	1,07	46,33
	21 O ₂ + 15 CO ₂	1,35	31,00	1,03	42,37
6 dias	Ar ambiente	1,30	38,25	1,06	51,83
	3 O ₂ + 10 CO ₂	1,23	36,50	0,94	49,13
	5 O ₂ + 15 CO ₂	1,30	36,07	1,04	41,90
	21 O ₂ + 15 CO ₂	1,24	37,90	1,08	37,45
8 dias	Ar ambiente	1,24	35,13	1,14	47,33
	3 O ₂ + 10 CO ₂	1,21	41,43	1,08	50,63
	5 O ₂ + 15 CO ₂	1,31	44,50	1,06	44,60
	21 O ₂ + 15 CO ₂	1,29	42,13	1,10	55,53
	CV	14,62	13,89	5,27	23,58

¹CV = coeficiente de variação. ²ns = não-significativo.

No dias finais de armazenagem, no entanto, estes autores indicam que houve diminuição da acidez total titulável atribuída à utilização dos ácidos como substrato para respiração. Em morangos da cv. Camarosa, Pelayo-Zaldivar et al. (2007) não

determinaram alterações nos teores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável, em resposta à atmosfera de ar + 20 kPa de CO₂ a 5°C, aos três e seis dias de armazenagem.

A deformação da polpa, como medida de resistência, um pouco mais elevada no final dos períodos de armazenagem resulta, provavelmente, da desidratação dos morangos. Em várias outras frutas armazenadas, já foi constatado o mesmo efeito de incrementos nos valores de firmeza em decorrência da desidratação. Até mesmo tratamento como ozonização, conforme observado por Rocculi et al. (2005), que resultou em amolecimento superficial em morangos, tem efeito sobre a resposta dos frutos ao teste de deformação de polpa.

Com relação aos teores de ácido ascórbico, não foram encontradas diferenças significativas em função das atmosferas iniciais empregadas e tempos de armazenagem em AM. Autores como Nunes et al. (1998) atribuíram a manutenção da vitamina C em morangos às altas umidades relativas dentro das embalagens plásticas. Wright e Kader (1997) obtiveram resultado semelhante com morangos da cv. Selva armazenados por sete dias em AM.

Conclusão

O uso de atmosfera modificada em embalagens de polietileno de baixa densidade apresenta bom potencial de armazenagem de morangos das cultivares Verão e Camarosa por até seis dias, em temperaturas de refrigeração entre 1 e 4°C.

As composições iniciais das misturas de O₂ e de CO₂ não influenciam a qualidade final de morangos das cultivares Verão e Camarosa, e o efeito de modificação de atmosfera depende primordialmente da permeabilidade das embalagens empregadas.

Referências

ALLENDE, A.; MARÍN, A.; BUENDIA, B.; TOMÁS-BARBERAN, F.; GIL, M. I. Impact of combined postharvest treatments (UV-C light, gaseous O₃, superatmospheric O₂ and high CO₂) on health promoting compounds and shelf-life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 46, n. 3, p. 201-211, 2007.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; BALEM, T. A. Efeito de filmes de PVC esticável e polietileno no acúmulo de CO₂ e na manutenção pós-colheita de morangos cv. Tangi. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 5, n. 2, p. 89-92, 1999.

CALEGARO, J. M.; PEZZI, E.; BENDER, R. J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.

DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J. P.; NOCK, J. F.; WATKINS, C. B. Fermentative metabolism and organic concentrations in fruit of selected strawberry cultivars with different tolerances to carbon dioxide. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 124, n. 6, p. 696-701, 1999.

FONSECA, S. C.; OLIVEIRA, F. R.; BRECHT, J. K. Modeling respiration of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 52, n. 2, p. 99-119, 2002.

GARCIA, J. M.; MEDINA, R. J.; OLIAS, J. M. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 6, p. 1037-1041, 1998.

HERTOG, M. L. A. T. M.; BOERRIGTER, H. A. M.; BOOGAARD, G. J. P. M.; TIJSKENS, L. M. M.; SCHAIK, A. C. R. Predicting keeping quality of strawberries (cv. 'Elsanta') packed under modified atmospheres: an integrated model approach. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 1999.

HOPPULA, K. B.; KARHU, S. T. Strawberry fruit quality responses to the production environment. **Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 4, n. 1, p. 166-170, 2006.

IMAHORI, Y.; UEMURA, K.; FUJIKAWA, H.; TULIO JR., A. Z.; UEDA, Y.; CHACHIN, K. Relationship between low-oxygen injury and ethanol metabolism in various fruits and vegetables. **Acta Horticulturae**, v. 2, n. 682, p. 1103-1108, 2005.

NUNES, M. C. N.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. M. B.; SARGENT, S. A. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling. **Journal of Food Science**, v. 63, n. 3, p. 1033-1036, 1998.

PELAYO, C.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air + 20 kPa CO₂. **Postharvest Biology and Technology**, v. 27, n. 2, p. 171-183, 2003.

PELAYO-ZALDIVAR, C.; ABDA, J. B.; EBELER, S. E.; KADER, A. A. Quality and chemical changes associated with flavor of 'Camarosa' strawberries in response to a CO₂-enriched atmosphere. **Hortscience**, v. 42, n. 2, p. 299-303, 2007.

PÉREZ, A. G.; OLIAS, R.; OLIAS, J. M.; SANZ, C. Strawberry quality as a function of the 'high pressure fast cooling' design. **Food Chemistry**, v. 62, n. 2, p. 161-168, 1998.

ROCCULI, P.; ROMANI, S.; ROSA, M. D.; TONUTTI, P.; BACCI, A. Influence of ozonated water on the structure and some quality parameters of whole strawberries in modified atmosphere packaging (MAP). **Acta Horticulturae**, v. 3, n. 682, p. 1781-1787, 2005.

SAS-Institute Analyses System. **System for information**. Versão 8.2. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2001.

SOEGIARTO, L.; WILLS, R. B. H. Effect nitric oxide, reduced oxygen and elevated carbon dioxide levels on the postharvest life of strawberries and lettuce. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v. 46, n. 8, p. 1097-1100, 2006.

SOUZA, A. L. B.; SCALON, S. P. Q.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Postharvest application of CaCl₂ in strawberry fruits (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Sequóia): evaluation of fruit quality and post-harvest life. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 4, p. 841-848, 1999.

STEEN, Van Der; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve keeping quality of strawberries and raspberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 26, n. 1, p. 49-58, 2002.

WARMUND, M. R.; STARBUCK, C.; KADIR, S. Changes in fruit quality parameters of 'Jonathan Rasa' and 'Delicious Flanagan' apples in response to elevated temperatures. **Transactions of the Kansas Academy of Science**, v. 110, n. 3-4, p. 259-267, 2007.

WRIGHT, K. P.; KADER, A. A. Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. **Postharvest Biology and Technology**, v. 10, n. 1, p. 39-48, 1997.

Received on June 2, 2008.

Accepted on October 1, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.