

ALTAS CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO FAVORECEM A CONSERVAÇÃO DE MORANGO ‘OSO GRANDE’¹

LUIS CARLOS CUNHA JUNIOR², ANGELO PEDRO JACOMINO³,
MARCOS JOSE TREVISAN⁴, JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO³

RESUMO - Aplicação de atmosferas com altos níveis de O₂ podem manter a qualidade dos vegetais e retardar o crescimento de microrganismos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do morango ‘Oso Grande’ sob atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂. Os morangos foram selecionados, resfriados e armazenados a 10°C em minicâmaras herméticas, onde foram aplicadas as distintas concentrações de O₂ (1; 3; 20; 60 e 90%), em fluxo contínuo de 150 mL min⁻¹, durante o armazenamento (10 dias). Os frutos foram avaliados a cada 2 dias. As menores incidências de podridões foram observadas nos tratamentos com 90% O₂ (3% dos frutos) e com 60% O₂ (6% dos frutos). Estes tratamentos proporcionaram também melhor conservação dos frutos, demonstrada pelas melhores notas de aparência. Os demais tratamentos apresentaram 16 a 20% de frutos com podridões. A atividade respiratória dos frutos armazenados sob 1 e 3% de O₂ foi de 11,3 e 15,3 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente, sendo inferior aos demais tratamentos, que não foram significativamente diferentes entre si e cujo valor médio foi de 21 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Os teores de acetaldeído e etanol não aumentaram significativamente, durante o armazenamento. A firmeza da polpa não diferiu entre os tratamentos. Os morangos submetidos a 60% de O₂ não alteraram seus teores de acidez total titulável e de ácido ascórbico durante o armazenamento, enquanto nos demais tratamentos houve decréscimo no teor de ácido ascórbico no mesmo período. As concentrações de O₂ levaram a diferenças na coloração externa, em termos de luminosidade, cromaticidade e ângulo de cor; entretanto, tais diferenças foram visualmente imperceptíveis. Morangos ‘Oso Grande’ armazenados a 10 °C sob atmosfera controlada com 60 e 90% de O₂ mantiveram suas características de aparência e tiveram menor índice de doença, quando comparados com os demais tratamentos.

Termos para indexação: Atmosfera Controlada, Controle do Oxigênio, Pós-Colheita, *Fragaria x ananassa*.

HIGH OXYGEN CONCENTRATIONS BETTER PRESERVE ‘OSO GRANDE’ STRAWBERRY

ABSTRACT – Atmospheres with high levels of O₂ can maintain the quality of vegetables and reduce microbial growth. The aim of this study was to evaluate the quality of ‘Oso Grande’ strawberry under controlled atmosphere with various O₂ concentrations. Strawberries were selected, air-cooled and stored at 10°C in hermetic mini chambers where O₂ concentrations (1, 3, 20, 60 and 90%) were applied continuously at 150 mL min⁻¹ for 10 days. Fruits were analyzed every 2 days. The lowest decay incidences were observed in the treatments with 90% of O₂ (3% of fruits) and 60% of O₂ (6% of fruits). Fruit from these treatments also had higher appearance ratings, which indicates preservation of fruit quality. Other treatments exhibited 16 to 20% of decay. The fruit respiratory rate stored at 1 and 3% of O₂ concentration was 11.3 and 15.3 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectively. Fruit treated with 20, 60 or 90% of O₂ had similar respiration rates (21 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹), which were significantly higher than fruit treated with lower O₂ concentrations. Acetaldehyde and ethanol levels did not increase during storage. Pulp firmness did not vary among treatments. Strawberries subjected to 60% of O₂ maintained adequate levels of titratable acidity and ascorbic acid during the storage; however ascorbic acid decreased in all other treatments. Strawberry external color varied slightly depending on O₂ concentration; however, these differences were not visually perceptible. ‘Oso Grande’ strawberries stored at 10 °C under controlled atmosphere with 60 and 90% of O₂ preserved the appearance and reduced decay, when compared to the other treatments.

Index terms: Controlled Atmosphere, Oxygen Control, Postharvest, *Fragaria x ananassa*.

¹(Trabalho 058-11). Recebido em: 12-01-2011. Aceito para publicação em: 03-10-2011. Financiamento e apoio FAPESP

²Aluno do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da ESALQ-USP, Bolsista de doutorado FAPESP. E-mail: luiscarlscunha@hotmail.com

³Professores do Dept^o. de Produção Vegetal da Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ESALQ-USP. Av.: Pádua Dias, n^o.11, Caixa Postal 9. CEP 13418-900 Piracicaba - SP, Brasil. E-mails: jacomino@esalq.usp.br; jascarpa@esalq.usp.br

⁴Aluno do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia da ESALQ-USP. E-mail: mjtreviis@esalq.usp.br

INTRODUÇÃO

O morango tem uma curta vida útil, devido à sua elevada atividade metabólica e à suscetibilidade a doenças, principalmente as causadas por fungos (MALGARIM et al., 2006).

O uso de baixa concentração de O_2 (1-5%) e altas concentrações de CO_2 (10-20%), em combinação com a refrigeração, são propostas de condições de armazenamento ideal para algumas hortaliças e frutas (VAN DER STEEN et al., 2002). Entretanto, níveis baixos de O_2 levam os frutos a respirarem anaerobicamente, resultando na formação de acetaldeído e etanol, e conseqüentemente modificando o sabor e escurecendo os tecidos dos frutos (SHAMAILA et al., 1992; PÉREZ et al., 1996).

Chitarra e Chitarra (2005) relataram que morangos submetidos à atmosfera com 10 % de O_2 e 20% de CO_2 associado a temperaturas de 0-5°C, conservam-se por até 10 dias. Calegaro et al. (2002) verificaram que atmosfera modificada ativa com concentrações iniciais de 3% O_2 + 10% CO_2 ou 5% O_2 + 15% CO_2 , na conservação de morangos 'Oso Grande' armazenados a 0 °C, implicou manutenção da firmeza, da coloração e dos teores de açúcares totais e ácido ascórbico.

Baixas concentrações de O_2 , com ou sem combinações com altas concentrações de CO_2 , também podem levar a efeitos benéficos na vida pós-colheita de morango, com redução de deterioração e podridões, aumentando o período de conservação (SHAMAILA et al., 1992; VAN DER STEEN et al., 2002).

Holcroft e Kader (1999) observaram que morangos 'Selva', quando armazenados em atmosfera com 2 e 0,5% de O_2 a 5°C, tiveram o amolecimento e a senescência retardados, quando comparados com frutos armazenados sob 20% de O_2 . Estes autores também relataram que atmosferas com 2 e 20% de O_2 conservaram os frutos de maneira semelhante quanto à cor, concentração de antocianinas e metabolismo dos ácidos orgânicos.

Concentrações de oxigênio superiores a 21% podem influenciar na fisiologia pós-colheita e na manutenção da qualidade de produtos hortícolas frescos, direta ou indiretamente, através de alterações na produção de CO_2 e de C_2H_4 . O limite do teor de O_2 na atmosfera de conservação pode variar, entre espécies e dentro da mesma espécie, dependendo do seu estágio de desenvolvimento (KADER; BEN-YEHOSHUA, 2000).

Morangos acondicionados em atmosfera com 40; 90 e 100% de O_2 apresentaram baixa ocorrência

de doenças, após 14 dias a 5°C (WSZELAKI; MITCHAM, 2000). Morango da cv. Chandler armazenado em atmosfera com 100% de O_2 manteve comercializável por 14 dias, e concentrações de 40; 50; 80 e 100% de O_2 levaram à menor produção de compostos voláteis, como acetaldeído e etanol, quando comparados aos frutos em ambiente com 20% de O_2 (AYALA-ZAVALA et al., 2007).

Zheng et al. (2007) demonstraram que morango 'Allstar', armazenados a 5°C em ambiente com 21 (controle); 40; 60; 80 e 100% de O_2 tiveram redução na incidência de doenças com o aumento na concentração de O_2 , sem a ocorrência de perdas de açúcares e ácidos, além da manutenção da coloração.

Ao armazenar morangos em atmosferas com 21 (controle); 40; 60; 80 e 100% de O_2 , Zheng et al. (2008) reafirmaram a observação anterior, ou seja, as mesmas reduziram a incidência de doenças sem alterar a coloração. Os frutos submetidos à concentração de 40% de O_2 apresentaram maiores teores de sólidos solúveis que os acondicionados com 60% de O_2 .

Neste trabalho, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes concentrações de oxigênio na qualidade pós-colheita de morangos cv. Oso Grande, a 10°C.

MATERIAL E MÉTODOS

Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos em pomar comercial no município de Valinhos-SP (Latitude 22° 58' sul e Longitude 16° 59' oeste), nas primeiras horas do dia, com 50-75 % da superfície de cor vermelho-brilhante, conforme recomendação de Flores-Cantillano (2005). Após a colheita, os frutos foram cuidadosamente transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Produtos Hortícolas, do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP, Piracicaba-SP. Os morangos foram criteriosamente selecionados, com a retirada dos frutos com podridão, ferimentos ou coloração inadequada. Após a homogeneização do lote, os morangos foram acondicionados em câmara frigorífica a 10°C para a retirada do calor de campo. A aplicação dos tratamentos teve início quando a temperatura da polpa atingiu aproximadamente 12°C.

Os morangos selecionados e pré-refrigerados foram armazenados em minicâmaras herméticas, com capacidade de acondicionamento de aproximadamente 1,2 kg de morango, em camada única. As misturas gasosas foram umidificadas e injetadas na parte inferior da minicâmara (entrada), com saída na parte superior e oposta à entrada, em fluxo contínuo de 150 mL min⁻¹.

O equipamento utilizado para estabelecer e controlar a atmosfera foi o fluxcentro ("Flowboard") descrito por Calbo (1989), com modificação no regulador de pressão, utilizando-se de uma válvula diferencial, utilizada em botijão de gás GLP doméstico, para regular a pressão do equipamento sem perda de gás, como acontece quando se usa um barostato (CERQUEIRA et al., 2009).

Neste experimento, foram testadas cinco misturas gasosas (tratamentos) com as seguintes concentrações de oxigênio: 1; 3; 20; 60 e 90%. O tratamento com 20 % foi considerado como o tratamento-controle. As misturas foram aferidas diariamente, usando-se um analisador de gases da marca Dansensor, modelo Checkmate 9001.

Os morangos foram armazenados durante 10 dias em câmara a $10 \pm 1^\circ\text{C}$. A umidade relativa no interior das minicâmaras foi mantida a $95 \pm 2\%$ UR, e as avaliações foram realizadas a cada 2 dias para as variáveis descritas a seguir.

A aparência foi avaliada segundo uma escala de notas, onde: 3 = ótimo (sem sintomas de doença; túrgido; com cor característica); 2 = bom (sem sintomas de doença; com cor característica; sem turgidez); 1 = ruim (sem sintomas de doença; sem cor característica; sem turgidez); e 0 = péssimo (com sintomas de doença). As notas foram atribuídas para o conjunto de frutos contidos em 3 minicâmaras. Morangos com nota 1 foram considerados impróprios para a comercialização.

A incidência de doença foi quantificada visualmente, avaliando-se 110 frutos por tratamento. Foram considerados doentes os frutos que apresentavam lesões características, com dimensão mínima de 25 mm^2 . Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos afetados.

A firmeza da polpa foi determinada com penetrômetro digital marca Tr-Turoni, Sammar 53200 diretamente na lateral dos frutos com ponteira de 6 mm, e os resultados, expressos em Newton (N).

A coloração externa foi determinada nos dois lados de cada fruto, com colorímetro Minolta, modelo CR-300, e os resultados foram obtidos e expressos em luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade, de acordo com McGuire (1992).

Os teores de acidez total titulável e sólidos solúveis totais foram determinados de acordo com AOAC (1997), e o de ácido ascórbico, de acordo com Strocker e Henning (1967). Para estas análises, utilizou-se polpa homogeneizada de 30 frutos.

A atividade respiratória foi determinada utilizando-se de 4 repetições, sendo considerada como repetição uma minicâmara com aproximadamente 1,2 kg de morango. Determinou-se a produção de

CO_2 , pelo sistema aberto, sendo a primeira leitura realizada após 24 horas do início dos tratamentos e posteriormente a cada 2 dias (1; 3; 5; 7 e 9 dias). Foram coletadas amostras de 1,0 mL de gás na entrada e na saída da minicâmara, utilizando-se de seringa modelo Gastight, marca Hamilton de 2,5 mL. Elas foram analisadas em cromatógrafo a gás (Thermodinnigan, modelo GC Trace 2000), com coluna separadora "Porapak N" e detector de ionização de chama (FID). O gás de arraste foi o nitrogênio a um fluxo de $39,1 \text{ mL min}^{-1}$. As temperaturas mantidas no aparelho foram de 100°C para a coluna, 100°C no injetor, 250°C no detector e 350°C no metanador. A produção de CO_2 foi calculada através da equação descrita por Kays (1991) e expressa em $\text{mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

No preparo das amostras para quantificar os teores de acetaldeído e etanol, amostras de 1g de polpa triturada foram seladas em frascos de 40 mL, os quais foram lacrados e mantidos a -12°C até o momento da análise. Na mesma amostra, foram quantificados os teores de acetaldeído e etanol. A curva-padrão de acetaldeído foi preparada pesando-se 0,085 g de acetaldeído e completando-se o volume para 400 mL com água deionizada gelada. Desta solução, pipetaram-se 1,0 mL; 10,0 mL e 20,0 mL para balões volumétricos de 100 mL, cujo volume foi completado com água deionizada gelada. Esta solução foi homogeneizada e transferida para frascos herméticos. A curva-padrão de etanol foi preparada pesando-se 0,01 g; 0,14 g e 0,81 g de etanol para balões volumétricos de 200 mL, cujo volume foi completado com água deionizada gelada. Esta solução foi homogeneizada e transferida para frascos herméticos. A determinação dos dois compostos deu-se transferindo 1,0 mL de cada solução-padrão para frascos de 40 mL, onde foram lacrados e mantidos em banho-maria a 50°C por 30 minutos. Coletou-se 1,0 mL de ar do espaço livre (head space) do frasco, que foi analisado em cromatógrafo a gás. Este procedimento também foi o mesmo adotado para as amostras, após o descongelamento por 1 hora em temperatura ambiente. Os resultados foram expressos em mg de acetaldeído ou etanol por 100 g de material vegetal.

O experimento foi montado através do delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6×5 . Os fatores foram constituídos pelos períodos de armazenamento (0; 2; 4; 6; 8 e 10 dias) e pelas atmosferas de armazenamento (1; 3; 20; 60 e 90% de O_2).

Para as variáveis de qualidade química (teores de acidez total titulável, ácido ascórbico e sólidos solúveis totais), foram utilizadas quatro repetições, com 300 g de morango em cada dia de análise. Para a

firmeza e a coloração, foram utilizadas 20 repetições, sendo constituídas de um fruto cada.

Os dados foram submetidos à análise de variância, e as médias foram submetidas à análise de regressão polinomial. Os teores de acetaldeído e etanol e produção de CO₂ foram avaliados pelo erro-padrão, em que as diferenças entre as médias de dois tratamentos foram maiores que a soma de dois erros-padrão, foram consideradas significativas (SHAMAILA et al., 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As atmosferas mais ricas em O₂ resultaram em melhor qualidade dos frutos, o que é constatado pelas notas superiores de aparência e menor ocorrência de doenças (Tabela 1). O tratamento com 90% de O₂ proporcionou aos morangos aparência entre ótima e boa, com manutenção da turgidez, coloração semelhante aos frutos recém-colhidos e apenas 3% de incidência de doenças, seguido pelos frutos, acondicionado com 60% de O₂, os quais apresentaram qualidade visual boa, pequena redução no brilho e 6% de podridões, no décimo dia de armazenamento.

As maiores porcentagens de doenças e piores notas de aparência foram observadas nos tratamentos com 20; 3 e 1% de O₂, respectivamente, que apresentaram sintomas de podridão já no sexto dia de armazenamento. Estes tratamentos não diferiram entre si, indicando que baixas concentrações de O₂ atmosférico (1 e 3%) não apresentam resultado satisfatório na redução de doenças quando comparadas a concentração atmosférica ambiente (20% de O₂).

Zheng et al. (2008) relataram resultados semelhantes quando armazenaram morangos em atmosferas com 60; 80 e 100% de O₂, a 5°C, os quais apresentaram baixa incidência de frutos doentes, ou seja, 13,5; 11,2 e 8,3%, respectivamente, enquanto os tratados com composição semelhante da atmosfera natural (20% de O₂ + 0,03% de CO₂) apresentavam 27,7% de frutos doentes, no décimo quarto dia. Morangos ‘Selva’ armazenados em atmosfera com 2 e 0,5% de O₂, a 5 °C, apresentaram sintomas de *Botrytis* apenas no quinto dia de armazenamento, com menor intensidade que o tratamento com 20 % de O₂ (HOLCROFT; KADER, 1999).

O mecanismo pelo qual atmosferas com alta concentração de O₂ diminuem o desenvolvimento de doenças e ajudam na conservação dos vegetais ainda não foi elucidado. Uma hipótese é que a atmosfera com alta concentração de oxigênio induz o mecanismo de defesa do vegetal, aumentando sua

resistência a doenças (ZHENG et al., 2008), como acontece com a resistência induzida para *Alternaria alternata* em manga submetida a tratamento com dióxido de carbono (PRUSKY et al., 1993). Neste trabalho, observou-se também que atmosferas com altas concentrações de oxigênio diminuíram a incidência de doenças e aumentaram a conservação pós-colheita dos morangos, o que não foi observado naqueles armazenados sob baixas concentrações de oxigênio.

Os morangos tratados com 20; 60 ou 90% de O₂ apresentaram atividade respiratória semelhante (entre 21,2 e 22,7 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹). Os frutos mantidos em atmosfera com 1 e 3% de O₂ apresentaram produção de CO₂ menor que os demais tratamentos, com valores de 11,3 e 15,3 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente (Figura 1). O efeito da baixa concentração de O₂ na atividade respiratória foi observado já na primeira avaliação, 24 horas após o estabelecimento da atmosfera controlada, e acentuou-se até o terceiro dia. As atividades respiratórias dos morangos armazenados a 1 e 3% de O₂ foram 45,2% e 32,4% menores que o controle, respectivamente.

A redução do oxigênio na atmosfera de armazenamento gera respostas do metabolismo primário e secundário dos vegetais. Entre estas respostas metabólicas, está a redução na atividade respiratória, devido à dificuldade na captação de oxigênio, o que pode afetar o metabolismo do vegetal, com redução no consumo de açúcares solúveis, na síntese e na percepção ao etileno (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

As respostas metabólicas dos vegetais acondicionados em altas concentrações de oxigênio são questionáveis, pois ainda há poucos estudos, e estes apresentam diversidade de resultados. Escalona et al. (2006) não encontraram diferenças na produção de CO₂ em alface minimamente processada armazenada sob atmosferas com 75 e 20% de O₂, a 1 °C. Wszelaki e Mitcham (2000) estudaram o armazenamento de morango ‘Camarosa’ a 5°C, sob atmosferas com 40; 60; 80; 90 e 100% de O₂ e observaram que essas condições reduziram a atividade respiratória nos três primeiros dias, porém ao final do armazenamento apresentaram atividade respiratória maior que os frutos do controle (20% de O₂). Estes autores relataram que as atmosferas com alta concentração de O₂ causaram estresse ao morango ‘Camarosa’.

As taxas respiratórias encontradas neste trabalho indicam que morangos ‘Oso Grande’ toleram atmosferas com altos níveis de oxigênio, favorecendo a manutenção da aparência e reduzindo a incidência de doenças. A tolerância dos vegetais aos teores de

O₂ pode variar com a espécie, variedade e o estágio de maturação (KADER; BEN-YEHOSUA, 2000), o que pode explicar as diferenças entre os resultados relatados na literatura.

As concentrações de acetaldeído e etanol apresentaram aumento depois do quarto dia de armazenamento, para os morangos armazenados com 1 e 3% de O₂, sendo que as maiores concentrações foram observadas no final do armazenamento. Os teores de etanol nos frutos armazenados com 1 e 3% de O₂, no final do período de armazenamento, foram de 13,1 e de 12,9 mg 100 g⁻¹, enquanto as concentrações de acetaldeído foram de 1,4 e de 1,3 mg 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 2). Estas concentrações não causaram odor desagradável aos frutos.

Os morangos acondicionados com 60 e 90% de O₂ apresentaram produção de acetaldeído e de etanol semelhante aos frutos armazenados com 20% de O₂ (Figura 2). Não se observaram as vantagens teóricas de atmosfera com alto oxigênio em termos de evitar a formação desses compostos (DAY, 1996; AYALA-ZAVALA et al., 2007). Especula-se que esta vantagem possibilitaria associação entre altas concentrações de O₂ e de CO₂, somando-se os benefícios dos dois gases e proporcionando maior tempo de conservação, sem os efeitos prejudiciais do processo fermentativo (PÉREZ; SANZ, 2001).

O acúmulo de acetaldeído, etanol e acetato de etila é originário da respiração anaeróbica e são os principais causadores dos odores desagradáveis em vegetais. Normalmente, a respiração anaeróbica é induzida quando os morangos são armazenados em baixas concentrações de O₂ e/ou altas concentrações de CO₂ (SHAMAILA et al., 1992; PÉREZ et al., 1996). Os resultados indicam que morangos ‘Oso Grande’ não apresentam acúmulo prejudicial de substâncias oriundas da respiração anaeróbica, quando armazenados sob atmosferas com 1 e 3% de O₂, na ausência de CO₂. Não foi observada diferença significativa entre os tratamentos para a firmeza da polpa. Ocorreu apenas redução linear durante o armazenamento, o que, segundo Chitarra e Chitarra (2005), é devido às mudanças nas estruturas da parede celular, com decomposição de pectinas e celulose, promovendo diminuição nas forças de coesão entre as células. A firmeza dos frutos, neste experimento, foi de aproximadamente 9 N no momento da colheita e 7,5 N no décimo dia de armazenamento (Figura 3 A).

Estes resultados obtidos vão ao encontro daqueles obtidos por Wszelaki e Mitcham (2000), que estudaram morangos ‘Camarosa’ armazenados a 5 °C sob atmosferas com 40; 60; 80; 90 e 100% de O₂. Estes autores também não observaram efeito

dos tratamentos na firmeza dos frutos armazenados por 14 dias.

Quanto à coloração, os morangos apresentaram tendência de redução nos valores da luminosidade e do ângulo de cor, com leve aumento na cromaticidade, durante o armazenamento (Figura 3). Os morangos armazenados com 20% de O₂ apresentaram a maior redução na luminosidade (de 39 para 33) (Figura 3 B), e no ângulo de cor (de 30,1° para 24,7°) (Figura 3 C), durante o armazenamento. Entretanto, Zheng et al. (2008) relataram que, no décimo quarto dia de armazenamento refrigerado (5°C), morangos ‘Fengxiang’ não tinham diferenças significativas entre as atmosferas controladas (ar; 40; 60; 80 e 100% de O₂), para as variáveis luminosidade e ângulo da cor. Os resultados observados nos morangos ‘Oso Grande’ do tratamento-controle podem ter ocorrido pela temperatura deste trabalho ser o dobro (10°C) da utilizada por Zheng et al. (2008), o que proporcionou maior velocidade na atividade metabólica e, conseqüentemente, avanço na senescência, acarretando mudanças na coloração.

As atmosferas de armazenamento com 1; 3 e 20% de oxigênio proporcionaram aos frutos aumento linear na cromaticidade, passando de 28,2 para 31-34 de cromaticidade (Figura 3 D). Em morangos ‘Selva’, armazenados a 5°C, sob atmosfera controlada com 0,5 % de O₂, observaram-se leve aumento na cromaticidade e pequena redução nos acondicionados com 2 % de O₂ e com atmosfera ambiente (HOLCROFT; KADER, 1999).

Apesar de os parâmetros da coloração apresentarem diferenças estatísticas entre os tratamentos, estas diferenças não foram notadas visualmente, cabendo ressaltar que os frutos acondicionados com 20 % de O₂ apresentavam menor brilho que os frutos dos demais tratamentos. Outros trabalhos também indicaram que a alta concentração de oxigênio na atmosfera de armazenamento não provocou grandes alterações na coloração externa de morangos (PÉREZ; SANS, 2001; WSZELAKI; MITCHAM, 2000; ZHENG et al., 2007).

O teor de sólidos solúveis totais dos morangos apresentou leve redução durante o armazenamento, com maior intensidade naqueles frutos em ambiente com 20% de O₂, que diminuiu em aproximadamente 1°Brix entre o início do período (7,84°Brix) e o final do mesmo (6,90°Brix). No décimo dia, foi observado que os morangos acondicionados com 90% de O₂ apresentaram menor teor de sólidos solúveis totais (dados não mostrados).

A variação no teor de sólidos solúveis totais de morangos armazenados em atmosferas com 20; 60 e 90% de O₂ é semelhante à relatado por Zheng et

al. (2007), quando armazenaram morangos ‘Allstar’ em ambiente com alto teor de O_2 , por 14 dias a 5°C. Entretanto, Zheng et al. (2008) observaram que, no décimo quarto dia de armazenamento refrigerado (5°C), os morangos ‘Fengxiang’ mantidos em atmosferas com 80 e 100% de O_2 apresentaram maiores teores de sólidos solúveis que os submetidos a ambiente com ar, 40 ou 60% de O_2 .

Estes comportamentos diferentes podem ser explicados pelas diferenças entre as cultivares de morangos utilizadas, uma vez que os teores de sólidos solúveis podem variar entre espécies, cultivares, estádios de maturação e clima (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de acidez total titulável nos morangos armazenados sob baixas concentrações de oxigênio (1% e 3%) reduziu do valor inicial médio de 0,80% para 0,75% no décimo dia. As atmosferas com pressões parciais de 20; 60 e 90% de O_2 proporcionaram aos frutos manutenção dos teores de acidez total titulável, com valores de 0,808 a 0,820 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ (Figura 4 A).

Zheng et al. (2007) também observaram que 20; 40; 60; 80 e 100% de O_2 , na atmosfera de armazenamento, não promoveram diferenças no teor de acidez em morangos ‘Allstar’, mas com leve redução nesse teor após 14 dias, a 5°C. No entanto,

Holcroft e Kader (1999) observaram que morangos armazenados a 5°C, sob atmosfera controlada com 0,5% de O_2 , apresentaram menor acidez titulável que os acondicionados em ambiente com 2% de O_2 e ar (20%), após 10 dias de armazenamento.

Os morangos armazenados em ambiente com 60% de O_2 mantiveram seus teores de ácido ascórbico em 57,64 mg ácido ascórbico 100g⁻¹ durante o período, enquanto os frutos mantidos sob as demais atmosferas apresentaram redução durante o armazenamento. Os frutos armazenados sob 1 e 3% de O_2 apresentaram a maior redução e valores finais de 50,98 e 52,15 mg ácido ascórbico 100 g⁻¹, respectivamente (Figura 4 B).

A redução acentuada no teor de ácido ascórbico nos frutos armazenados com baixo oxigênio pode ser explicada pelo fato de que estes frutos podem ter iniciado o processo de respiração anaeróbica, o que pode ser comprovado pelos maiores valores de acetaldeído e etanol (Figura 2). O ácido ascórbico passaria pelo processo fisiológico conhecido por delactonização, que é a transformação deste em ácido 2,3-dicetogulônico, e assim diminuindo sua atividade biológica (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

TABELA 1 - Aparência e ocorrência de doenças de morango ‘Oso Grande’ submetidos à atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio, em armazenamento a 10°C e 95% UR

Dias	Aparência				
	1% O_2	3% O_2	20% O_2	60% O_2	90% O_2
0	3	3	3	3	3
2	3	3	3	3	3
4	2,75	3	2,5	3	3
6	2,5	2,25	2,25	2,75	2,75
8	2	2	1,5	2,5	2,75
10	1,25	1,5	1	1,75	2,5

Ocorrência de doença (%)					
0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
6	6,4	6,4	10	0	0
8	8,2	16,3	12,7	2,7	2,7
10	16,3	19,1	20,9	6,4	2,7

Aparência: 3 = ótimo; 2 = bom; 1 = ruim e 0 = péssimo; % Doença: calculadas pela relação entre o número de frutos com podridões e o número total de frutos avaliados (n=110).

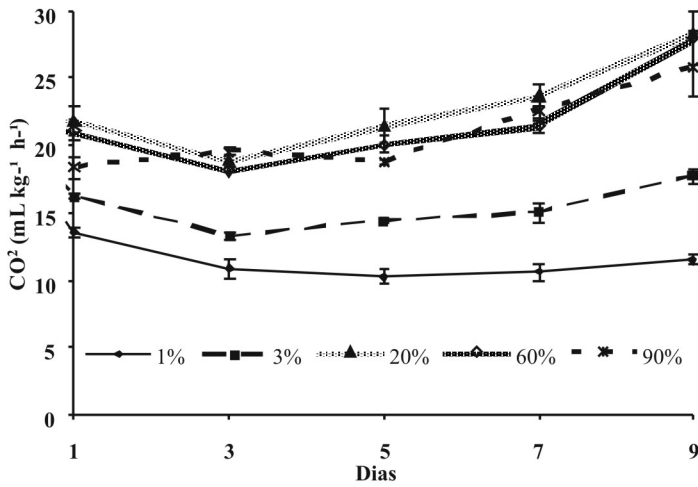
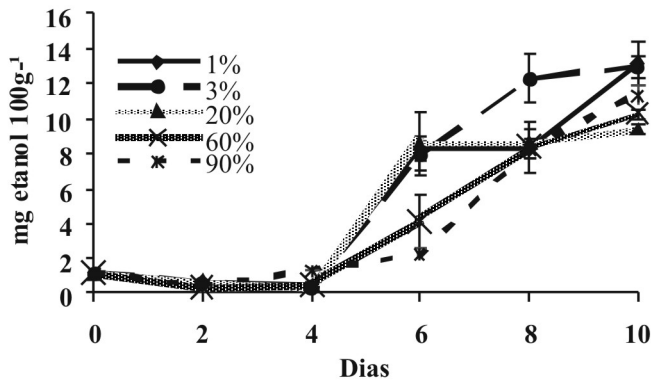


FIGURA 1 - Atividade respiratória de morangos ‘Oso Grande’ submetidos à atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio, em armazenamento a 10°C e 95% UR. As barras verticais indicam o erro-padrão da média (n=4).

A)



B)

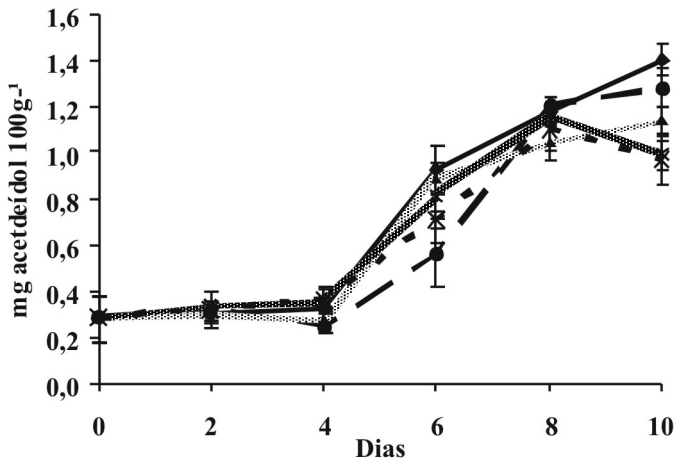


FIGURA 2 - Produção de etanol (A) e acetaldeído (B) nos morangos ‘Oso Grande’ submetidos à atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio, em armazenamento a 10°C e 95% UR. As barras verticais indicam o erro-padrão da média (n=4).

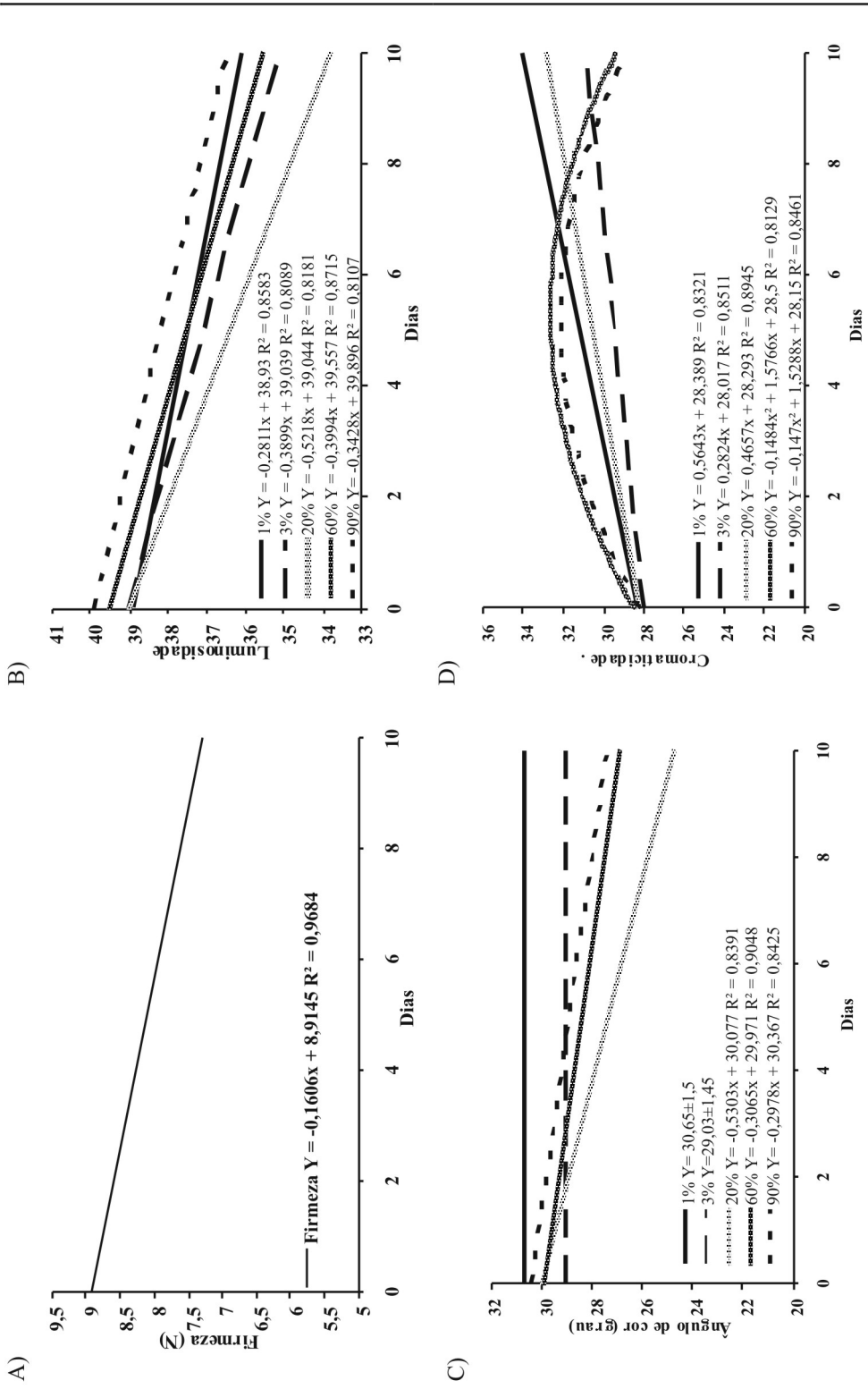


FIGURA 3 - Variação na firmeza (A), luminosidade (B), ângulo de cor (C) e cromaticidade (D) nos morangos ‘Oso Grande’ submetidos à atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio, em armazenamento a 10°C e 95% UR.

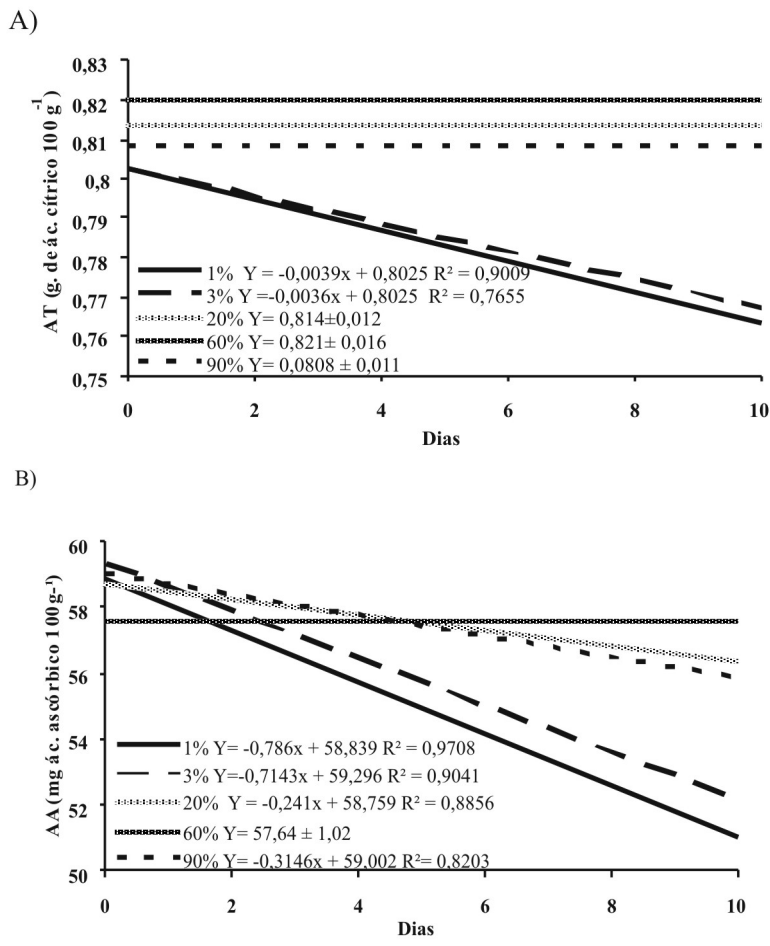


FIGURA 4 - Variação no teor de acidez total titulável (A) e ácido ascórbico (B) de morangos 'Oso Grande' submetidos à atmosfera controlada com diferentes concentrações de oxigênio, em armazenamento a 10°C e 95% UR.

CONCLUSÃO

1-O armazenamento de morangos 'Oso Grande' a 10°C e 95% UR sob atmosfera controlada com 60 e 90% de O₂ promove a ausência de podridões durante seis dias e a manutenção da aparência dos mesmos até o décimo dia.

2-A ausência de aumento na respiração dos morangos armazenados em ambiente com 60 e 90% de O₂ e a manutenção das qualidades químicas e físicas dos mesmos demonstram que estas atmosferas são mais apropriadas para conservação de morangos 'Oso Grande' que atmosferas com baixas concentrações de oxigênio (1 e 3% de O₂).

REFERÊNCIAS

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 16 ed. Washington: Ed. Patrícia Canniff, 1997. v.2, 850 p.

AYALA-ZAVALA, J.F.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y.; GONZÁLES-AGUILAR, G.A. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. **Food Technology and Biotechnology**, Croácia, v. 45, n.2, p 166–173, 2007.

CALBO, A.G. Adaptação de um fluxcentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.6, p.733-739, 1989.

- CALEGARO, J.M.; PEZZI, E.; BENDER, R.J. Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 8, p. 1049-1055, 2002.
- CERQUEIRA, T.S.; CUNHA JÚNIOR, L.C.; CALBO, A.G.; JACOMINO, A.P. Flowboard for postharvest gas mixtures applications to fruits and vegetables without waste of gas. In: INTERNATIONAL CONTROLLED AND MODIFIED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 10., 2009, Antalya. **Abstracts...** Leuven: ISHS, 2009. p. 56-56.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: FAEPE, 2005.783p.
- DAY, B.P.F. High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce. **Postharvest News and Information**. Wallingford, v. 7, n.3, p.31-34, 1996.
- ESCALONA, V.H.; VERLINDEN, B.E.; GEYSEN, S.; NICOLAÏ, B.M. Changes in respiration of fresh-cut butterhead lettuce under controlled atmospheres using low and superatmospheric oxygen conditions with different carbon dioxide levels. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n.39, n.1, p. 48-55. 2006.
- FLORES-CANTILLANO, R.F. Colheita e pós-colheita. In: PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (Sistema de produção, 5). Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>>. Acesso em: 5 fev.2010.
- HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Controlled atmosphere-induced changes em pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, n.1, p.19-32, 1999.
- KADER, A.A.; BEN-YEHOSHUA, S. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, n.1, p. 1-13, 2000.
- KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532p.
- MALGARIM, M.B.; CANTILLANO, R.F.F.; COUTINHO, E.F. Sistemas e condições de colheita e armazenamento na qualidade de morangos cv. Camarosa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 185-189, 2006.
- McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992.
- PÉREZ, A.G.; SANZ, C.; OLÍAS, R.; RÍOS, J.J.; OLÍAS, J.M. Evolution of strawberry alcohol acyltransferase during fruit development and storage. **Journal Agriculture Food Chemistry**, Washington, v. 44, n.2, p.3286-3290, 1996.
- PÉREZ, A.G.; ZANZ, C. Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. **Journal Food Chemistry**, Washington, v.49, n.2, p.2370-2375, 2001.
- PRUSKY, D.; KOBILER, H.; ZAUBERMAN, G.; FUCHS, Y. Preharvest conditions and postharvest treatments affecting the incidence of decay in mango fruits during storage. **Acta Horticulturae**, The Hague, v.341, n.1, p.305-320, 1993.
- SHAMAILA, M.M.; POWRIE, W.D.; SKURA, B.J. Sensory evaluation of strawberry fruit stores under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n.5, p. 1168-1172, 1992.
- STROHECKER, R.L.; HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.
- VAN DER STEEN, C.; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Combining high oxygen-atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 26, n. 1, p. 49-58, 2002.
- WSZELAKI, A.L.; MITCHAM, E.J. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.20, n.2, p. 125-133, 2000.
- ZHENG, Y.; YANG, Z.; CHEN, X. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries. **Food Control**, London, v.19, n.3, p. 470-474, 2008.
- ZHENG, Y.; WANG, S.Y.; WANG, C.Y.; ZHENG, W. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. **Food Science and Technology** London, v. 40, n.1, p. 49-57, 2007.