

Armazenamento refrigerado de morango submetido a altas concentrações de CO₂

Luis C Cunha Junior¹; Angelo P Jacomino¹; Flávia O Ogassavara²; Marcos J Trevisan¹; Marise CM Parisi³

¹USP-ESALQ, Depto. Prod. Vegetal, C. Postal 9, 13418-900 Piracicaba-SP; luiscarlosjunior@hotmail.com; jacomino@esalq.usp.br; mjtrevi@esalq.usp.br; ²UNESP, Rodov. Prof. Paulo Donato Castellane s/n, 14884-900 Jaboticabal-SP; flaviaokog@hotmail.com; ³IB, Av. Conselheiro Rodrigues Alves 1.252, 04014-002 Campinas-SP; marise@biologico.sp.gov.br

RESUMO

Temperatura de 0°C associada a atmosferas com 12 a 20% de CO₂ têm sido recomendadas como condição ideal para o armazenamento de morango. Entretanto, as redes de distribuição e comercialização de produtos hortícolas no Brasil geralmente não possuem cadeia de frio, ou a possuem em temperatura entre 10 e 15°C. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade e conservação do morango 'Oso Grande' sob temperatura de 10°C associada com altas concentrações de dióxido de carbono. Os morangos foram selecionados, resfriados e armazenados a 10°C em mini-câmaras herméticas, onde foram aplicadas as distintas concentrações de CO₂ (0,03, 10, 20, 40 e 80%) combinadas com 20% de O₂. Os morangos foram avaliados a cada 2 dias até se tornarem impróprios para o consumo. As concentrações de 20 e 40% de CO₂ permitiram a conservação dos morangos por até 8 dias; já aqueles com 0,03% de CO₂ duraram apenas 2 dias. Os morangos a 80% de CO₂ mantiveram ótima aparência por 6 dias, porém foram considerados inadequados para o consumo por apresentarem elevados teores de acetaldeído (40,92 µg g⁻¹) e de etanol (1,053 µg g⁻¹), provenientes do processo fermentativo. A perda de massa fresca dos morangos foi inferior a 2%, demonstrando a eficiência da técnica utilizada para o controle da umidade relativa no armazenamento. Os frutos acondicionados com 0,03 e 80% de CO₂ apresentaram a maior perda de firmeza, sendo que ao final do armazenamento esta foi de 40% em relação à firmeza inicial. Já os morangos armazenados com 20 e 40% de CO₂ perderam apenas 28% da firmeza inicial. Apesar da diferença estatística na coloração externa do morango, essa foi visualmente imperceptível. Os morangos 'Oso Grande' armazenados a 10°C sob atmosfera controlada com 40% de CO₂ associado com 20% de O₂ mantiveram suas características comerciais por 8 dias.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*, atmosfera controlada, qualidade pós-colheita.

ABSTRACT

Cold storage of strawberries under high CO₂ concentrations

Temperature of 0°C associated to 12-20% CO₂ has been recommended as the ideal conditions to store strawberries. However, fruits and vegetables are not currently handled under cold chain in Brazil and, when it happens, it used to be at 10 to 15°C. The goal of this work was to evaluate the quality and the shelf life of 'Oso Grande' strawberry at 10°C associated to high carbon dioxide concentrations. Strawberries were randomized, chilled and stored at 10°C in hermetic mini-chambers to apply the CO₂ concentrations (0.03, 10, 20, 40 and 80%) plus 20% O₂. Strawberries were analyzed every two days while they were proper to consumption. The shelf life for strawberries at 20 and 40% CO₂ was 8 days, while those at 0.03% CO₂ lasted only two days. Strawberries at 80% CO₂ maintained good appearance for 6 days, but they were considered unsuitable for consumption due to high levels of acetaldehyde (40.92 µg g⁻¹) and ethanol (1,053 µg g⁻¹) that gave evidence of fermentation process. The weight loss was less than 2% showing how efficient was the method used to control the relative humidity during the storage. Strawberries at 0.03 and 80% CO₂ levels showed higher firmness loss. Those fruits lost 40% of the initial firmness. Strawberries at 20 and 40% CO₂ lost only 28% of initial firmness. Despite of the statistical effect of the treatments in the external color it was not visually perceptible. Strawberries stored at 10°C and 40% CO₂ plus 20% O₂ kept the marketable quality during 8 days.

Keywords: *Fragaria x ananassa*, controlled atmosphere, post-harvest quality.

(Recebido para publicação em 8 de dezembro de 2011; aceito em 16 de novembro de 2012)

(Received on December 8, 2011; accepted on November 16, 2012)

O morango (*Fragaria x ananassa*) é considerado um dos frutos mais importantes do mundo, por ser matéria prima de diversos alimentos. Como fruto *in natura*, é destinado à sobremesa, muito delicado e com elevado retorno financeiro ao produtor. O fruto apresenta características peculiares que agradam o consumidor como a cor vermelho-brilhante intensa, odor envolvente, textura macia e sabor levemente acidificado.

A produção brasileira de morango tem aumentado nos últimos anos. Estima-se uma área plantada de 3.500 ha, produzindo cerca de 100 mil t/ano. A produção está concentrada nas regiões sul e sudeste do país, sendo os estados de MG, SP e RS os maiores produtores. Por se tratar de uma cultura que abrange um grande contingente de mão-de-obra, o morango apresenta grande importância social e econômica (Antunes *et al.*,

2007).

A comercialização de morangos a grandes distâncias é dificultada devido à sua perecibilidade, decorrente principalmente da suscetibilidade ao desenvolvimento de agentes patogênicos. O principal método utilizado para minimizar esse efeito é o armazenamento refrigerado em temperaturas entre 0 e 1°C. Esta técnica tem sido empregada com sucesso nos Estados Unidos e em países

da Europa. Entretanto, a refrigeração é pouco utilizada na conservação de frutas e hortaliças no Brasil e, quando ocorre, geralmente utilizam-se temperaturas entre 10 e 15°C. Sendo assim, estudos que proporcionem o armazenamento deste fruto, em temperaturas superiores a 0°C se tornam necessários.

Dentre os diversos métodos de conservação associados à refrigeração, destaca-se o uso de atmosfera controlada (AC), atmosfera modificada (AM), atmosfera inseticida, e tratamentos de pré-acondicionamento com dióxido de carbono (CO₂) (Flores-Cantillano, 2005). Para o morango, o armazenamento em atmosfera com níveis de CO₂ entre 12% e 20% possibilita o aumento da vida útil do fruto e reduz a incidência de doenças, favorecendo a manutenção da firmeza (Almenar *et al.*, 2006).

A escolha de uma embalagem adequada para conservação de morangos requer o conhecimento de diversas variáveis como respiração do fruto e permeabilidade da embalagem. Por sua vez, esses fatores, são dependentes da temperatura, já que a elevação da mesma promove aumento da taxa respiratória dos produtos e da permeabilidade do filme utilizado (Fonseca *et al.*, 2002). Usualmente o morango é embalado em pequenas bandejas de tereftalato de polietileno (PET) com capacidade de 200 a 500 g revestido com filme de policloreto de vinila (PVC), que são pouco eficientes na modificação atmosférica. Uma das formas para determinar o sistema de embalagem apropriado para morango consiste em realizar testes utilizando atmosfera controlada sob a temperatura requerida de armazenamento. Desta forma, obtém-se as concentrações críticas de CO₂ e O₂, essenciais na escolha do material de embalagem.

Diversos estudos com atmosfera controlada, associada a temperaturas entre 0 e 5°C demonstraram que o uso de altas pressões parciais de CO₂ atuaram diretamente no metabolismo dos frutos e/ou sobre a germinação e desenvolvimento de agentes patogênicos. Para o armazenamento de morango, elevadas concentrações de CO₂ foram eficientes na redução de perdas causadas por patógenos, principalmente por *Botrytis cineria* (Van der Steen *et al.*, 2002).

Brackmann *et al.* (2001), estudando atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂ (0, 10, 15 e 20%), observaram que a combinação de 20% de CO₂ e baixa temperatura (0°C) propiciaram vida útil de 20 dias em morangos ‘Oso Grande’, sem ocasionar desordens fisiológicas.

Atmosferas com elevadas concentrações de CO₂ (maiores que 20%) podem ocasionar danos aos morangos, como o desenvolvimento de “off-flavor”, perda na coloração da polpa e de aroma (Brackmann *et al.*, 2001). Estudos realizados por Ke *et al.* (1993) reportam que concentrações de 20 a 30% de CO₂ em morangos acarretaram aumento nas concentrações de acetaldeído e etanol. Entretanto, a concentração de CO₂ danosa ao vegetal pode variar entre cultivar, ponto de colheita e temperatura de armazenamento, entre outros fatores (Chitarra & Chitarra, 2005).

As redes de distribuição e comercialização de produtos hortícolas no Brasil não estão preparadas para utilizar a temperatura de 0°C. Na verdade, quando apresentam cadeia de frio, esta é, geralmente, com temperatura entre 10 e 15°C. Por isso, há necessidade de estudos pós-colheita de morango em temperatura comumente utilizada no comércio, uma vez que a maioria dos estudos para morango é com temperatura entre 0 e 5°C.

Diante do exposto, o objetivo deste experimento foi avaliar a qualidade de morangos da cultivar Oso Grande armazenados à temperatura de 10°C associada à atmosfera controlada com altas concentrações de CO₂.

MATERIAL E MÉTODOS

Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos em pomar comercial no município de Valinhos-SP (22°58’S; 16°59’O), 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 da ESALQ em Piracicaba-SP. Os morangos foram criteriosamente selecionados, com 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 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 mini-câmaras, 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 mini-câmara (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 uma válvula diferencial, utilizada em botijão de gás GLP doméstico, para regular a pressão do equipamento sem perda de gás, a qual ocorre quando se usa um barostato (Cerqueira *et al.*, 2009).

Foram utilizadas cinco misturas gasosas com as concentrações de CO₂: 10, 20, 40 e 80% combinadas com 20% de O₂. O tratamento controle foi constituído por 0,03% de CO₂ e 20% de O₂. As misturas foram aferidas diariamente usando-se um analisador de gases da marca Dansensor, modelo Checkmate 9001.

Os morangos foram armazenados por até 8 dias em câmara a 10±1°C. A umidade relativa no interior das mini-câmaras foi mantida a 95±2% UR, e as avaliações foram realizadas a cada 2 dias para as variáveis descritas a seguir.

A aparência foi avaliada segundo 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 mini-câmaras. Morangos com nota 1 foram considerados impróprios para a comercialização.

A perda acumulada de massa fresca

foi calculada em função da variação da massa das repetições, através da pesagem em balança semi-analítica, com precisão de 0,01 grama e os resultados expressos em porcentagem.

A firmeza da polpa foi determinada com penetrômetro digital marca Tr-Turoni, Sammar 53200 diretamente na lateral dos frutos com ponteira de 6 mm, sendo utilizado 30 frutos por repetição e os resultados expressos em Newton (N).

A coloração externa foi determinada nos dois lados de cada fruto, sendo utilizados 30 frutos por repetição, com colorímetro Minolta, modelo CR-300, e os resultados expressos em luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade, de acordo com McGuire (1992).

Os teores de acidez total titulável e sólidos solúveis foram determinados de acordo com AOAC (2005) e o de ácido ascórbico de acordo com Strocker & Henning (1967). Para estas análises utilizou-se polpa homogeneizada de 30 frutos.

No preparo das amostras para quantificar os teores de acetaldeído e etanol, amostras de 1 g 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 se deu 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 (Thermofinnigan, modelo GC Trace

2000). 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 gramas de material vegetal.

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 5. Os fatores foram constituídos pelo período de armazenamento (0, 2, 4, 6 e 8 dias) e pelas atmosferas (0,03, 10, 20, 40 e 80% de CO₂).

Para as variáveis de qualidade química (teores de acidez titulável, ácido ascórbico e sólidos solúveis) foram utilizadas quatro repetições, com 30 morangos por dia de análise. Para a firmeza da polpa e a coloração externa foram utilizadas 30 repetições, sendo constituídas de um fruto cada.

Os dados foram submetidos à análise de variância, análise de regressão polinomial e teste de médias (Tukey ao nível de 5% de probabilidade). Os teores de acetaldeído e etanol foram avaliados pelo erro padrão, cujas diferenças entre as médias de dois tratamentos sendo maior que a soma de dois erros padrões, foram consideradas significativas (Shamaila *et al.*, 1992).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A atmosfera com 80% de CO₂ preservou a aparência dos morangos até o 6º dia de armazenamento, porém foram descartados por apresentarem odor alcoólico. A atmosfera com 40% de CO₂ manteve os frutos com aparência comercializável (nota >1) até o 8º dia de armazenamento, enquanto no tratamento com 0,03% de CO₂ os morangos encontravam-se comercializáveis por apenas 2 dias (Figura 1A).

Chitarra & Chitarra (2005) recomendam temperatura de 0°C e umidade relativa de 90 a 95% para conservação de morango. Todavia, condições de baixa temperatura (0°C) raramente são encontradas nos estabelecimentos de comercialização de frutas e hortaliças, por isso a conservação por oito dias em atmosfera com 40% de CO₂ associada à temperatura de 10°C, pode ser mais viável.

O reduzido tempo de conservação

pós-colheita de morango é afetado diretamente pelas doenças pós-colheita; assim tornam-se importantes tratamentos que contribuem para redução de doenças. Os tratamentos com altos teores de CO₂ (20 a 40%) estudados neste trabalho reduziram a incidência de podridões, mostrando potencial de uso em morango da cv. Oso Grande.

Ocorreu aumento significativo tanto para acetaldeído (1.053 µg g⁻¹, Figura 1C) como para etanol (40,92 µg g⁻¹, Figura 1B) nos morangos armazenados com 80% de CO₂, impossibilitando a comercialização. Os frutos armazenados com 0,03% de CO₂ não apresentaram alterações nos níveis de acetaldeído e etanol durante o armazenamento; os valores médios foram de 1,38 µg g⁻¹ e 29,37 µg g⁻¹, respectivamente. Nos demais tratamentos foi observado aumento apenas no teor de etanol (Figura 1B) porém, sem reflexo aparente no odor dos morangos.

As atmosferas com 10, 20 e 40% de CO₂ exibiram aumento nos teores de etanol até o sexto dia de armazenamento, quando o valor médio dos tratamentos foi de 410 µg g⁻¹, mantendo-se praticamente estável até o final do armazenamento. Já os teores de acetaldeído destes tratamentos não diferiram do controle com valor médio de 1,7 µg g⁻¹ (Figura 1B e 1C).

Fernández-Trujillo *et al.* (2007), armazenando morango 'Jewel' em ar enriquecido com 20% de CO₂ a 2°C, observaram aumento nas concentrações de acetaldeído, etanol e acetato de etila, sendo que os maiores acúmulos desses compostos foram após o quarto dia de armazenamento. Resultados similares foram observados nesse trabalho para as atmosferas constituídas por 10, 20 e 40% de CO₂ a 10°C. Já os frutos acondicionados em 80% de CO₂ + 20% de O₂ na mesma temperatura, apresentaram odor característico de fermentação no sexto dia.

Em morangos acondicionados em atmosfera com 20% de CO₂ a 5°C, foram detectados aumentos nas concentrações de acetaldeído e de etanol, sendo que estes representaram 57 e 63% dos voláteis totais, respectivamente (Zaldivar *et al.*, 2007). O acúmulo de metabólito fermentativo pode ser uma resposta fisiológica

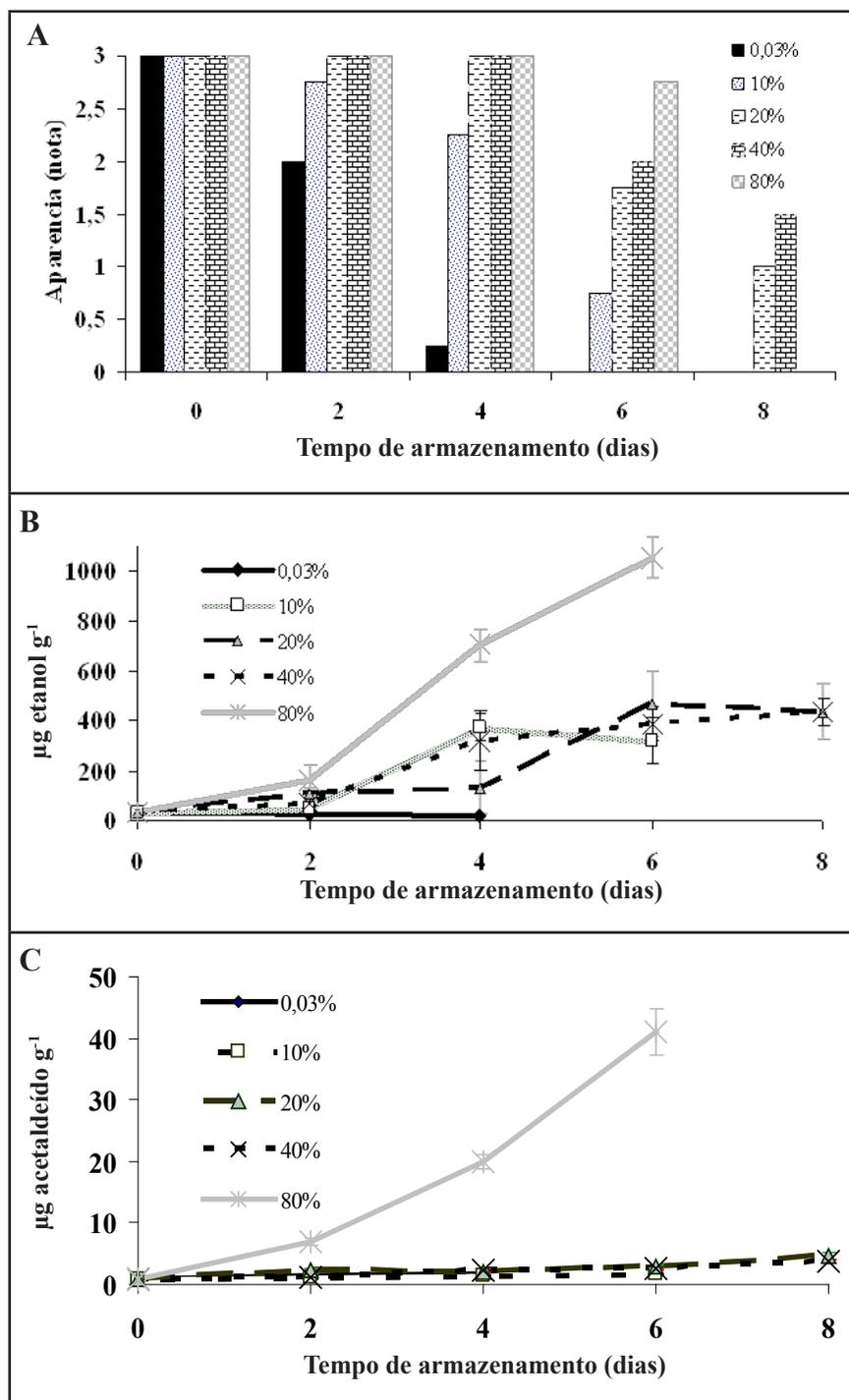


Figura 1. Aparência (A), teor de etanol (B) e acetaldeído (C) em morangos ‘Oso Grande’ submetidos a atmosfera controlada com distintas concentrações de CO₂ associadas a 20% de O₂, em armazenamento refrigerado (10±1°C e 95±2% UR). As barras verticais indicam o erro (B, C). Notas de aparência: 3= ótimo; 2= bom; 1= ruim; e 0= péssimo (appearance (A), ethanol (B) and acetaldehyde (C) levels in strawberries ‘Oso Grande’ under controlled atmosphere with high CO₂ concentrations, 20% O₂ and cold storage (10±1°C and 95±2% RH). Vertical bars represent the error (B, C). Appearance grades: 3= great; 2= good; 1= bad; and 0= very bad). Piracicaba, ESALQ, 2009.

lógica ao aumento de CO₂ atmosférico, ou indicativo de frutos excessivamente maduros (Zaldivar *et al.*, 2007). Essa constatação pode explicar os teores de

etanol observados nos morangos ‘Oso Grande’ armazenados com 10, 20 e 40% de CO₂, podendo ser uma resposta conjunta do estágio de maturação e das

atmosferas de armazenamento.

Não foi observada diferença estatística entre os tratamentos para a perda de massa acumulada. A redução na massa dos morangos foi inferior a 1,5% ao longo do armazenamento, demonstrando a eficiência da técnica usada para o controle da atmosfera e da umidade relativa (dados não apresentados). De acordo com García *et al.* (1998), os morangos perdem o valor comercial quando a perda de massa é superior a 6%.

As atmosferas com 20 e 40% de CO₂ proporcionaram aos morangos ‘Oso Grande’ manutenção da aparência, menor incidência de doenças e baixa produção de acetaldeído e etanol, além de demonstrarem a menor perda da firmeza (Figura 2A). Almenar *et al.* (2006) também observaram manutenção da aparência em morangos armazenados com atmosfera enriquecida com 12 e 20% de CO₂. Pelayo *et al.* (2003) corroboram com os resultados obtidos, relatando que a atmosfera enriquecida com 20% de CO₂ apresentou a melhor manutenção da firmeza da polpa de morangos ‘Selva’ e ‘Diamante’ por 12 dias, quando armazenados a 5°C.

Observou-se na cor externa dos morangos, tendência de aumento nos valores da luminosidade (Figura 2B) e do ângulo de cor, com a manutenção da cromaticidade (Tabela 1), durante o armazenamento em todos os tratamentos. Os frutos armazenados com 20 e 40% de CO₂ apresentaram as menores alterações na cor da casca como pode se notar na reduzida variação de luminosidade (Figura 2B) e na manutenção dos valores de ângulo de cor e na cromaticidade durante o armazenamento (Tabela 1). Pelayo *et al.* (2003), estudando morangos ‘Diamante’ e ‘Selva’ em atmosfera enriquecida com 20% de CO₂ e não observaram diferenças na luminosidade e no ângulo de cor ao longo do armazenamento refrigerado (5°C).

Foi detectada redução na cromaticidade nos morangos armazenados a 80% de CO₂ (Tabela 1). Esta redução pode estar relacionada ao efeito do alto CO₂ (Gorny & Kader, 1994), que influencia nas reações bioquímicas e fisiológicas que catalisam a síntese de antocianina, sendo este o principal pigmento da coloração vermelha do morango (Aaby

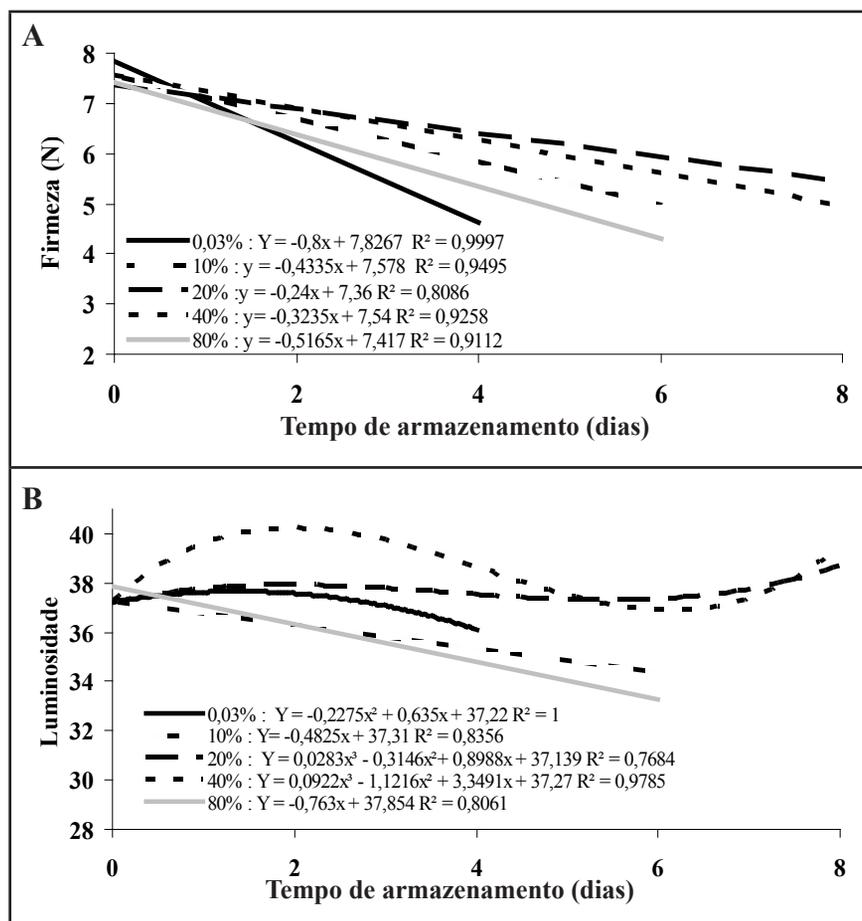


Figura 2. Evolução da firmeza (A) e da luminosidade (B), em morangos ‘Oso Grande’ submetidos a atmosfera controlada com distintas concentrações de CO₂ associadas a 20% de O₂, em armazenamento refrigerado (10±1°C e 95±2% UR) (firmness (A) and brightness (B) of strawberries ‘Oso Grande’ under controlled atmosphere with high CO₂ concentrations, 20% O₂ and cold storage (10±1°C and 95±2% RH). Piracicaba, ESALQ, 2009.

et al., 2005). Os dados obtidos neste experimento demonstraram que apenas concentrações acima de 40% de CO₂ acarretaram mudanças na coloração de morango ‘Oso Grande’ quando armazenados a 10°C, deixando-os sem brilho e com tom vermelho-escuro.

Notou-se neste caso que houve diferença estatística na cor externa dos morangos, porém esta diferença foi visualmente sutil. Brackmann *et al.* (2001) obtiveram resposta semelhante, onde os tratamentos com CO₂ apresentaram diferenças estatísticas significativas para os morangos armazenados a 20°C; contudo, a diferença na cor foi pequena e visualmente inexpressiva.

O teor de sólidos solúveis não foi influenciado pelas concentrações de CO₂ e nem pelo tempo de armazenamento, cujos valores médios foram de 7,2°Brix (dados não mostrados). Resultados semelhantes foram observados em morangos ‘Aroma’ e ‘Diamante’ armazenados com 20% de CO₂. Entretanto, morangos da cultivar ‘Selva’ apresentaram indícios de redução nos teores de sólidos solúveis ao longo do armazenamento (Palayo *et al.*, 2003).

O menor teor de acidez titulável ocorreu nos frutos armazenados com 80% de CO₂ (0,77 g de ácido cítrico 100 g⁻¹). Os teores de acidez variaram

Tabela 1. Efeito da interação entre o tempo de armazenamento (10±1°C e 95±2% UR) e as distintas concentrações de CO₂ em morangos ‘Oso Grande’ nas variáveis cromaticidade e ângulo de cor (effect of the interaction between storage time (10±1°C and 95±2% RH) and CO₂ concentrations in strawberries ‘Oso Grande’ on chromaticity and hue). Piracicaba, ESALQ, 2009.

Variável	Dias	Concentrações de CO ₂ (%)					Dms (5%)
		0,03	10	20	40	80	
Cromaticidade	0	31,42Aa	31,42 Ba	31,42Aa	31,42Aa	31,42Aa	3,72
	2	31,50Aa	29,99 Ba	29,91Aa	31,72Aa	31,59Aa	3,72
	4	33,57Aa	33,20ABa	31,02Aa	30,33Aa	26,54 Bb	3,72
	6	-	36,41Aa	31,10Ab	32,47Ab	25,02 Bc	3,51
	8	-	-	28,48 Ab	31,36Aa	-	2,67
	Dms (5%)		3,19	3,51	3,72	3,72	3,51
Ângulo de Cor	0	29,32Aa	29,32Aa	29,32Aa	29,32Aa	29,32ABa	4,23
	2	28,68Aa	32,28Aa	28,66Aa	32,26Aa	32,10Aa	4,23
	4	31,38Aa	30,15Aa	31,18Aa	29,45Aa	27,57 Ba	4,23
	6	-	29,38Aa	30,40Aa	30,34Aa	22,98 Cb	3,98
	8	-	-	31,96Aa	32,64Aa	-	3,04
	Dms (5%)		3,63	3,98	4,23	4,23	3,98

Médias seguidas de pelo menos uma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, para cada parâmetro avaliado, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) (means followed by at least one letter, uppercase in column and lowercase in line, for each parameter evaluated, are not different by the Tukey test ($p < 0,05$)).

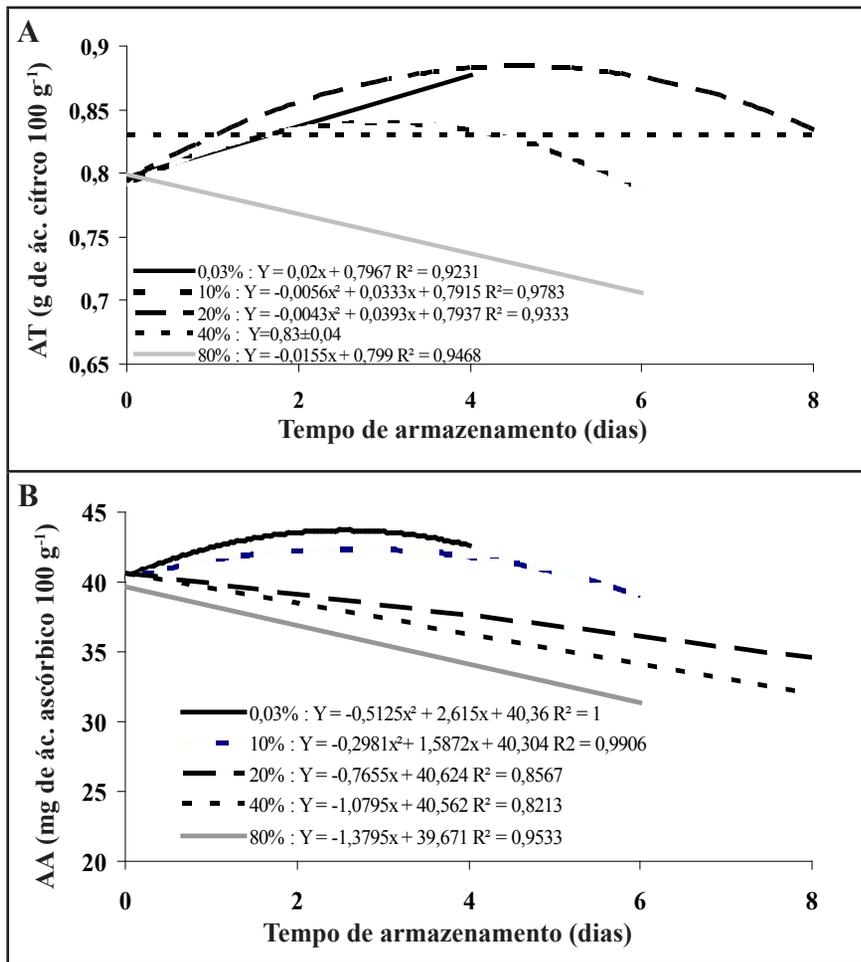


Figura 3. Evolução da acidez titulável (A) e do ácido ascórbico (B) em morangos 'Oso Grande' submetidos à atmosfera controlada com distintas concentrações de CO₂ associada a 20% de O₂ em armazenamento refrigerado (10±1°C e 95±2% UR) (titratable acidity (A) and ascorbic acid (B) in strawberries 'Oso Grande' under controlled atmosphere with high CO₂ concentrations, 20% O₂ and storage (10±1°C and 95±2% RH)). Piracicaba, ESALQ, 2009.

de 0,79 a 0,85 g de ácido cítrico 100g⁻¹ durante o armazenamento (Figura 3A). Os morangos submetidos à atmosfera controle (0,03% de CO₂) demonstraram uma leve tendência de aumento na acidez titulável. Já os frutos com 80% de CO₂ apresentaram redução. A atmosfera com 40% de CO₂ proporcionou aos morangos estabilidade em relação à acidez titulável. Pelayo *et al.* (2003) obtiveram resultados semelhantes para morangos 'Selva', 'Diamante' e 'Aromas', onde apresentaram variação de no máximo 0,09% no teor de acidez titulável, durante o armazenamento sob atmosfera com 20% de CO₂ a 5°C.

Os resultados obtidos neste trabalho demonstraram que os morangos da cv. Oso Grande a 10°C suportaram atmosferas de armazenamento com níveis de até 40% de CO₂, sem apresentarem

alterações na acidez titulável, sólidos solúveis e compostos fermentativos (acetaldeído e etanol).

Os teores de ácido ascórbico foram reduzidos com o aumento da porcentagem de CO₂ na atmosfera de armazenamento, sendo o menor teor de ácido ascórbico encontrado nos morangos acondicionados com 80% de CO₂. Houve diminuição neste teor ao longo do armazenamento, passando de 40 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹ no início para 32 mg de ácido ascórbico 100g⁻¹ ao final do sexto dia de armazenamento (Figura 3B).

É possível que a redução no teor de ácido ascórbico durante o armazenamento seja devida à oxidação deste composto em ácido 2,3 diketogluconico, reação essa, estimulada por altas concentrações de CO₂ (Agar *et al.*,

1997). Outra hipótese é a descrita por Hausladen & Kunert (1990), na qual o alto teor de CO₂ inibiria as enzimas monodehidro- e/ou dehidroascorbato-reductase, a-glutadiona e dos doadores de elétrons NADP e NADPH, reduzindo assim a biossíntese do ácido ascórbico.

Esses processos podem ocorrer simultaneamente e, quando associados às altas concentrações de acetaldeído e etanol, podem ter proporcionado maior gasto de ácido ascórbico nos frutos sob 80% de CO₂ em relação aos demais.

Este trabalho demonstrou que morangos 'Oso Grande' armazenados sob refrigeração (10°C) e atmosfera controlada (40% de CO₂ associados a 20% de O₂) podem se conservar comercializáveis por até oito dias.

O uso de atmosfera controlada com 40% de CO₂ mostrou-se eficaz na conservação de morangos 'Oso Grande' a 10°C, proporcionando a manutenção da qualidade comercial, como pode ser comprovada pela reduzida incidência de doença e retardamento da senescência (nota de aparência e coloração), não acarretou o processo de respiração anaeróbica (acetaldeído e etanol) e preservou as características químicas (acidez, sólidos solúveis e ácido ascórbico).

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro a esta pesquisa (Processo 2008/04553-6).

REFERÊNCIAS

- A.O.A.C. 2005. *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International*. 18 ed. Gaithersburg, Maryland.
- AABY K; SKREDE G; WROLSTAD RE. 2005. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 4032-4040.
- AGAR IT; STREIF J; BANGERTH F. 1997. Effect of high CO and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. *Postharvest Biology and Technology* 11: 47-55.
- ALMENAR E; FERNÁNDEZ-MUÑOZ P; LAGARÓN JM; CATALÁ R; GAVARA, R. 2006. Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 86-91.
- ANTUNES LEC; DUARTE FILHO JD; CALEGARIO FF; COSTA H; REISSER

- JUNIOR C. 2007. Produção integrada de morango (PIMo) no Brasil. *Informe Agropecuário* 28: 34-39.
- BRACKMANN A; HUNSCHE M; WACLAVOWSKY AJ; DONAZZOLO J. 2001. Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria Ananassa* L.) sob elevadas pressões parciais de CO₂. *Revista Brasileira de Agrociência* 7: 10-14.
- CALBO AG. 1989. Adaptação de um fluxcentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 24: 733-739.
- CERQUEIRATS; CUNHA JÚNIOR LC; CALBO AG; JACOMINO AP. 2009. Flowboard for postharvest gas mixtures applications to fruits and vegetables without waste of gas. In: INTERNATIONAL CONTROLLED AND MODIFIED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 10th. *Anais...* Antalya, p. 56-56
- CHITARRA MIF; CHITARRA AB. 2005. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: FAEPE. 783p.
- FERNÁNDEZ-TRUJILLO JP; NOCK JF; WATKINS CB. 2007. Antioxidant enzyme activities in strawberry fruit exposed to high carbon dioxide atmospheres during cold storage. *Food Chemistry* 104: 1425-1429.
- FLORES-CANTILLANO RF. 2005. Colheita e pós-colheita. In: PEREIRA DP; BANDEIRA DL; QUINCOZES ERF (ed). SISTEMA DE PRODUÇÃO DO MORANGO. Pelotas. *Embrapa Clima Temperado*. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de produção, 5). Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>. Acessado em 10 outubro de 2010.
- FONSECA SC; OLIVEIRA FAR; BRECHT JK. 2002. Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. *Journal of Food Engineering*. 53: 99-119.
- GARCÍA JM; MEDINA RJ; OLÍAS JM. 1998. Quality of strawberries automatically packed in different plastic films. *Journal of Food Science* 63: 1037-1041.
- GORNY, JR; KADER, AA. 1994. The mode of CO₂ action on ACC oxidase and its role in inhibition of ethylene biosynthesis. *HortScience* 29:533.
- HAUSLADEN A; KUNERT KJ. 1990. Effects of artificially enhanced levels of ascorbate and glutathione on the enzymes monodehydroascorbate reductase, dehydroascorbate reductase and glutathion reductase in spinach (*Spinacia oleracea*). *Physiolgy Plant* 79: 384-388.
- KED; EL-SHEIKH T; MATEOS M; KADER AA. 1993. Anaerobic metabolism of strawberries under elevated CO₂ and reduced O₂ atmospheres. *Acta Horticulturae* 343: 93-99.
- McGUIRE RG. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27: 1254-1255.
- PELAYO C, EBELER SE, KADER AA. 2003; Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5°C in air or air + 20 kPa CO₂. *Postharvest Biology Technolchnology* 27: 171-183
- SHAMAILA MM; POWRIE WD; SKURA BJ. 1992. Sensory evaluation of strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. *Journal of Food Science*, 57: 1168-1172.
- STROHECKER RL; HENNING HM. 1967. *Análisis de vitaminas: métodos comprobados*. Madrid: Paz Montalvo. 428 p.
- VAN DER STEEN C; JACXSSENS L; DEVLIEGHERE F. 2002. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. *Postharvest Biology and Technology* 26: 49-58.
- ZALDIVAR CP; ABDA, JB.; EBELER SE; KADER AA. 2007. Quality and chemical changes associated with flavor of camarosa strawberries in response to a CO₂ enriched atmosphere. *Hortscience* 42: 299-303.