**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Atmosfera controlada na conservação de morango

Luis Carlos Cunha Júnior

**Tese apresentada para obtenção do título
de Doutor em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia**

**Piracicaba
2011**

Luis Carlos Cunha Júnior
Engenheiro Agrônomo

Atmosfera controlada na conservação de morango

Orientador:
Prof. Dr. **JOÃO ALEXIO SCARPARE FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título
de Doutor em Ciências. Área de concentração:
Fitotecnia

**Piracicaba
2011**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Cunha Júnior, Luis Carlos

Atmosfera controlada na conservação de morango / Luis Carlos Cunha Júnior. - -
Piracicaba, 2011.
120 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2011.

1. Armazenagem em atmosfera controlada 2. Dióxido de Carbono 3. Fisiologia -
Pós-Colheita 4. Morango - Conservação 5. Oxigênio I. Título

CDD 634.75
C972a

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais,

Lucia Helena Marques Cunha

Luis Carlos Cunha

Pelo amor, força, educação, companheirismo e confiança que depositaram em mim.

Ao meu filho

Rafael O. Cunha

Por suportar minha ausência, maiores carinhos e atenção que eu gostaria de ter oferecido e por me permitir amá-lo mesmo assim.

Dedico este trabalho

Aos meus irmãos,

Carla Marques Cunha Devatz

Aline Marques Cunha Padovan

Renato Marques Cunha

Alexandre Marques Cunha

Pelo amor e carinho nesta etapa tão importante da minha vida;

Aos meus cunhados,

Antonio Benedito Devatz

Marcio Alexander Padovan

Pela ajuda nas horas difíceis que passei.

Ofereço este trabalho

“A vida é o dever que nós trouxemos para fazer em casa.

Quando se vê, já são seis horas!

Quando se vê, já é sexta-feira!

Quando se vê, já é natal...

Quando se vê, já terminou o ano...

Quando se vê perdemos o amor da nossa vida.

Quando se vê passaram 50 anos!

Agora é tarde demais para ser reprovado...

***Se me fosse dado um dia, outra oportunidade,** eu nem olhava o relógio.*

*Seguiria sempre em frente e iria jogando pelo caminho a casca dourada e inútil
das horas...*

Seguraria o amor que está a minha frente e diria que eu o amo...

E tem mais: não deixe de fazer algo de que gosta devido à falta de tempo.

Não deixe de ter pessoas ao seu lado por puro medo de ser feliz.

A única falta que terá será a desse tempo que, infelizmente, nunca mais voltará”

Mário Quintana

AGRADECIMENTOS

À Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP/ESALQ, Piracicaba, SP, pela oportunidade oferecida para realização deste Doutorado.

À Comissão do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade da realização deste curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq, pela concessão da bolsa de estudos no início do doutorado.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo-FAPESP, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Ângelo Pedro Jacomino, pela orientação, apoio, pela confiança depositada em mim, pelas críticas, quando necessárias, e pelos elogios, quando merecidos.

Ao Prof. Dr. João Alexio Scarpate Filho, pela orientação, amizade, pela confiança depositada em mim, para aceitar ser meu orientador no fim desta empreitada.

Ao Pesquisador Dr. Adonai Gimenez Calbo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento de Instrumentação Agropecuária, pelos ensinamentos sobre a montagem do equipamento de atmosfera controlada (Fluxcenter).

À Dra. Marise Cagnin Martins Parisi, do Instituto Biológico, Estação Experimental de Campinas, SP, pelo ensinamento fitopatológico, apoio na condução dos experimentos e na aquisição dos morangos 'Oso Grande'.

Ao Prof. Dr. José Fernando Durigan, da Universidade Estadual Paulista Campus de Jaboticabal, pelo ensinamento, auxílio na correção, discussão da minha tese e pela amizade.

À todos os professores e funcionários do Departamento de Produção Vegetal, especial ao Sr. Cido, Sr. Eder e Sr. Davi, pela amizade e companheirismo em momentos difíceis.

Ao técnico do Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças Marcos Trevisan, pelo auxílio nas montagens dos experimentos e nas análises, além de aturar minha companhia nas diversas viagens e principalmente pela amizade.

À secretaria do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Luciane, pelas inúmeras orientações e auxílio prestados nos transmisses da USP-ESALQ e pela amizade.

À Flávia O. Ogassavara, em especial, pelo carinho, companheirismo, respeito, paciência e aceitação de minhas falhas e pela ajuda na correção ortográfica desta tese.

Aos meus amigos do Laboratório, Thales, Ana Eliza, Patrícia, Vanessa, Lucio e Renan, pela amizade, consideração e imenso auxílio na confecção e na execução desta tese.

Aos ex-estagiários e ex-pós-graduandos do Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, Marília, Fábio, Thiago, Flávia, Camilla, Márcia, Jaqueline, Keila, Carol, Meire pela amizade e auxílio na montagem dos experimentos e nas análises.

Aos meus amigos da República Gambiarra, pela amizade, pelo acolhimento no fim da minha estadia em Piracicaba e claro pelos momentos vividos.

A todos que de alguma maneira contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito Obrigado !!!

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
1.1 Introdução Geral.....	17
1.2 Cultura do Morango	19
1.3 Pós-Colheita do Morango.....	20
1.4 Atmosfera Controlada	21
Referências	26
2 ALTAS CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA VIDA ÚTIL DE MORANGOS CV. OSO GRANDE	33
Resumo	33
2.1 Introdução.....	34
2.2 Material e Métodos.....	35
2.2.1 Material vegetal.....	35
2.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera.....	36
2.2.3 Atividade respiratória e produção de etanol e acetaldeído	37
2.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas	38
2.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas.....	39
2.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência	39
2.2.7 Delineamento e análises estatísticas.....	40
2.3 Resultados e Discussão.....	40
2.4 Conclusões.....	53
Referência.....	53
3 DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO NA VIDA ÚTIL DE MORANGOS CV. OSO GRANDE	59
Resumo	59
Abstract.....	59
3.1 Introdução.....	60
3.2 Material e Métodos.....	62

3.2.1 Material vegetal.....	62
3.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera	62
3.2.3 Atividade respiratória, produção de etileno, produção de etanol e acetaldeído.....	63
3.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas.....	64
3.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas	65
3.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência.....	65
3.2.7 Delineamento e análises estatísticas	65
3.3 Resultados e Discussão	66
3.4 Conclusões	78
Referência	78
4 ÓXIDO NITROSO NA CONSERVAÇÃO DE MORANGOS 'OSO GRANDE'	83
Resumo	83
Abstract.....	83
4.1 Introdução	84
4.2 Material e Métodos	85
4.2.1 Material vegetal.....	85
4.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera	86
4.2.3 Atividade respiratória e produção de etanol e acetaldeído	87
4.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas.....	88
4.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas	88
4.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência.....	89
4.2.7 Delineamento e análises estatísticas	89
4.3 Resultados e Discussão	89
4.4 Conclusões	97
Referência	97
5 CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO, DIÓXIDO DE CARBONO E ÓXIDO NITROSO NA VIDA ÚTIL DE MORANGOS 'OSO GRANDE'	101
Resumo	101
Abstract.....	101
5.1 Introdução	102
5.2 Material e Métodos	103

5.2.1 Material vegetal	103
5.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera.....	104
5.2.3 Atividade respiratória e produção de etanol e acetaldeído	105
5.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas	106
5.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas	106
5.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência	106
5.2.7 Delineamento e análises estatísticas	107
5.3 Resultados e Discussões	107
5.4 Conclusões.....	117
Referência.....	118

RESUMO

Atmosfera controlada na conservação de morango

Os objetivos deste trabalho foram avaliar os efeitos isolados de distintas concentrações de dióxido de carbono (CO_2), de oxigênio (O_2) e de óxido nitroso (N_2O); e também as combinações dos melhores resultados para a conservação de morangos 'Oso Grande'. Os frutos foram selecionados, resfriados e armazenados a 10°C em câmaras herméticas, com fluxo contínuo de 150 mL min^{-1} . Os frutos foram avaliados a cada dois dias até se tornarem impróprios para o consumo. Quanto maior as concentrações de CO_2 (0,03 %; 10 %; 20 %, 40 % e 80 %) associadas a 20 % de O_2 em atmosfera de armazenamento menor foi a incidência de doenças. Os morangos armazenados com 80 % de CO_2 foram considerados inadequados para o consumo, por apresentarem teores elevados de acetaldeído ($4,9\text{ mg }100\text{g}^{-1}$) e de etanol ($105,3\text{ mg }100\text{g}^{-1}$). Já as concentrações de 20 % e de 40 % CO_2 conservaram os frutos por até oito dias, com manutenção da cor e das características comerciais. As concentrações de O_2 (1 %; 3 %; 20 %; 60 %; e 90 %) demonstraram que a atividade respiratória dos morangos foi menor nas atmosferas com 1 % e 3 % de O_2 . O tratamento com 90 % O_2 proporcionou menor incidência de podridões (2,8 %). Os morangos armazenados com 60 e 90 % de O_2 mantiveram suas características comerciais por 10 dias. No ensaio com diferentes concentrações de N_2O (0 %; 10 %; 30 %; 60 %; e 80 %) associadas a 20 % de O_2 , observou-se que os frutos com esse gás obtiveram as melhores avaliações de aparência, e reduziu em 36,3 % a respiração dos mesmos após 24 horas de armazenamento, e manteve-se estável até o fim do período. As concentrações de 60 % e de 80 % N_2O se mostraram adequadas para a conservação dos morangos, por apresentarem menor ocorrência de doenças e de taxa respiratória, e, portanto, mantendo as características comerciais. Neste experimento foram avaliadas novamente as atmosferas com 0,03 % CO_2 + 20 % O_2 ; 80 % N_2O + 20 % O_2 e 90 % O_2 ; além de avaliar as combinações de 60 % O_2 + 40 % CO_2 e de 20 % O_2 + 20 % CO_2 + 60 % N_2O . As menores incidências de podridões e as melhores notas de aparência foram nos frutos armazenados com 80 % N_2O + 20 % O_2 e 20 % O_2 + 20 % CO_2 + 60 % N_2O . Os morangos sob 60 % O_2 + 40 % CO_2 foram considerados inadequados para o consumo, por apresentarem teores elevados de acetaldeído ($54,8\text{ mg }100\text{g}^{-1}$) e de etanol ($42,4\text{ mg }100\text{g}^{-1}$). Os morangos 'Oso Grande' a 10°C , sob atmosfera controlada com 80 % N_2O + 20 % O_2 ; 90 % O_2 ou 20 % O_2 + 20 % CO_2 + 60 % N_2O , conservam sua coloração, reduziram a ocorrência de doenças e mantiveram a qualidade comercial por 14 dias.

Palavras-Chave: *Fragaria x ananassa*; Conservação pós-colheita; Óxido nitroso; Oxigênio; Dióxido de Carbono

ABSTRACT

Controlled atmosphere on the conservation of strawberry

The aim of this work were to evaluate the isolates effects of different concentrations of carbon dioxide (CO₂), oxygen (O₂) and nitrous oxide (N₂O); and also the combinations of the best results for the conservation of strawberries 'Oso Grande'. The fruit have been selected, cooled and stored to 10 °C in air tight chambers with continuous flow of 150 ml min⁻¹. The fruits were evaluated every two days to become unfit for consumption. The higher concentrations of CO₂ (0,03 %; 10 %; 20 %, 40 % and 80 %) associated with 20 % O₂ in the atmosphere of storage, it smaller was the incidence of diseases. The strawberries stored with 80 % of CO₂ were considered unsuitable for the consumption on the present high levels of acetaldehyde (4,9 mg 100 g⁻¹) and the ethanol (105,3 mg 100 g⁻¹). Already concentrations of 20 % and 40% of CO₂ were conserved the fruit for up to 8 days, with maintenance of the color and the commercial characteristics. The concentrations of O₂ (1 %; 3 %; 20 %; 60 %; and 90 %) showed that strawberry respiratory activity was lower in atmospheres with 1 % and 3 % of O₂. The treatment with 90 % O₂ provided the lower incidence of rotting (2,8 %). The strawberries stored with 60 and 90 % O₂ maintained their commercial characteristics for 10 days. In the test with different concentrations of N₂O (0 %; 10 %; 30 %; 60 %; and 80 %) associated with 20 % O₂, observed that the fruit with this gas obtained the best results of appearance, and the respiratory rate of the fruit reduced in 36,3 % after 24 hours of storage, and maintained stable until the end of the period. The concentrations of 60 % and 80 % of N₂O showed appropriate for the conservation of strawberries for presented a lesser occurrence of diseases and of respiratory rate, and therefore maintaining the commercial characteristics. In this experiment were evaluated again the atmospheres with 0,03 % CO₂ + 20 % O₂; 80 % N₂O + 20 % O₂ and 90 % O₂; in addition to evaluating the combinations of 60 % O₂ + 40 % CO₂ and 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O. The smallest incidences rotting and best notes of appearance were in the fruit stored with 80 % N₂O + 20 % O₂ and 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O. The strawberries under atmosphere with 60 % O₂ + 40 % CO₂ were considered unsuitable for consumption to the showed high levels of acetaldehyde (54,8 mg 100 g⁻¹) and of ethanol (42,4 mg 100 g⁻¹). The strawberries 'Oso Grande' at 10 °C, under controlled atmosphere with 80 % N₂O + 20 % O₂; 90% O₂ or 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O maintained their color, reduced the occurrence of diseases and maintained the commercial quality for 14 days.

Keywords: *Fragaria x ananassa*; Postharvest conservation; Nitrous oxide; Oxygen; Carbon dioxide

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Introdução Geral

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch) é um pseudofruto ou infrutescência popular em todo o mundo, sendo dentro do grupo de cultivo das pequenas frutas, uma das mais importantes. É um produto destinado à sobremesa, muito delicado e com elevado retorno financeiro ao produtor (HENRIQUE E CEREDA, 1999; MADIAL, 2008). Em termos de comercialização, o mercado de morango fresco é o principal destino da produção brasileira, cerca de 90%. (ANTUNES E REISSER JUNIOR, 2007). Além da forma *in natura*, ele também chega aos consumidores como matéria processada pelas agroindústrias, onde a polpa é utilizada para a fabricação de iogurtes, doces, geléias, bolos, entre outros produtos.

Segundo os dados levantados por Madial (2008), a produção nacional em 2006/2007 foi de aproximadamente 100.000 toneladas. No Brasil, a cultura do morangueiro têm ampla distribuição. Os estados com maior produção são Minas Gerais, Rio Grande do Sul, Paraná e São Paulo, que são responsáveis pela maior parte do morango produzido no Brasil (IBGE, 2006).

Devido ao grande apelo visual e sua coloração vermelha, esta é um fruto muito apreciado. Segundo Henrique e Cereda (1999), no julgamento de sua qualidade devem ser considerados vários fatores, como a coloração vermelho-brilhante, o aroma e o sabor adocicado.

A distribuição e a comercialização do morango, a longas distâncias, são restritas, devido à sua perecibilidade e à senescência, assim como a ocorrência de doenças pós-colheita (ROSEN E KADER, 1989), que acarretam em perdas quantitativas e qualitativas.

A grande procura do consumidor por produtos frescos tem levado a um esforço da cadeia produtiva em viabilizar formas de conservar produtos altamente perecíveis. Apesar do grande esforço realizado pelas indústrias e pesquisadores, ainda existem muitas questões para serem resolvidas na melhoria da qualidade final desses produtos.

Um dos métodos mais usados na conservação de frutas e hortaliças frescas é o armazenamento refrigerado, enquanto os demais métodos utilizados são considerados complementos (CHITARRA E CHITARRA, 2005). No caso do morango, a refrigeração, quando aplicada isoladamente, não têm sido suficiente para ampliar seu período de conservação.

Dentre os outros métodos de conservação que poderão se destacar estão o uso de atmosfera controlada (AC), de atmosfera modificada (AM), de atmosfera inseticida e de tratamentos de pré-acondicionamento com CO₂ (FLORES-CANTILLANO, 2003).

A embalagem é uma opção para a obtenção da AM, pois permite a troca seletiva dos gases de seu interior com a atmosfera externa, acarretando na elevação do nível de dióxido de carbono (CO₂) e redução no de oxigênio (O₂) (KADER, 1986; KADER; ZAGORY; KERBEL, 1989; MOSCA E VICENTINI, 2003; CHITARRA E CHITARRA, 2005). Na prática os produtores têm comercializado morangos em bandejas de tereftalato de polietileno com capacidade de 200 g a 500 g recobertos com filme de policloreto de vinila (PVC). Essas embalagens são, geralmente, pouco eficientes na modificação de sua atmosfera interna e se não forem associadas a uma cadeia de frio efetiva, o ganho na conservação dos frutos serão pequenos.

O armazenamento sob AC, quando combinado com temperatura adequada, tem se mostrado viável para prolongar a vida útil e manter a qualidade de vários produtos hortícolas (NUNES *et.al.*, 2002; KADER, 2003 a). Tradicionalmente utilizam-se elevadas concentrações de CO₂ associadas a baixas concentrações de O₂, entretanto, há estudos que testaram concentrações de CO₂ superiores a 15 % (WELLS E COTA, 1970) e de O₂ superiores a 70 % (ESCALONA *et.al.*, 2006). Com bons resultados na inibição de doenças pós-colheita e na manutenção da qualidade dos vegetais.

Morangos em ambiente com altas concentrações de CO₂ reduzem o desenvolvimento de patógenos e permitem a conservação da qualidade dos mesmos (MITCHELL, 1992; FLORES-CANTILLANO, 1998). Altas concentrações de O₂ também reduzem a ocorrência de doenças e conservam seu sabor característico por mais tempo (STEWART *et.al.*, 1999; ZHENG *et. al.*, 2008).

A atmosfera controlada também permite o uso de gases com efeitos fungicidas, como o óxido nitroso (QADIR E HASHINAGA, 2001 a, b), monóxido de carbono (GOFFINGS E HERREGODS, 1989), dióxido de enxofre (BERRY E AKED, 1997) entre outros. Estudos realizados com N₂O em frutas climatéricas como maçã, caqui, tomate (QADIR E HASHIMAGA, 2001) e em frutas não climatéricas como morango e tangerina (QADIR E HASHIMAGA, 2001 a, b) demonstraram resultados promissores na manutenção da qualidade e na redução de podridões pós-colheita.

Neste trabalho, objetivou-se avaliar os efeitos isolados de diferentes concentrações de dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂) e óxido nitroso (N₂O), e também as combinações dos melhores resultados obtidos isoladamente para a conservação de morangos 'Oso Grande', a 10 °C.

1.2 Cultura do Morango

Estudos revelam que o cultivo do morangueiro ocorreu nas civilizações indígenas na América pré-colombiana, que cultivavam as espécies *Fragaria chiloensis* e *Fragaria virginiana* (SEELIG, 1975). Essas espécies são a base do híbrido natural, que hoje é cultivado comercialmente, cuja origem está na Europa no século XVIII (PASSOS, 1999).

O morangueiro cultivado no século XXI é botanicamente classificado como uma hortaliça pertencente à família *Rosacea*, do gênero *Fragaria*, em que a espécie *Fragaria x ananassa* Duch é a de maior importância (SILVA; DIAS; MARO, 2007). É uma planta herbácea, apesar das raízes e caules estarem parcialmente lignificados após um ano (BRANZANTI, 1989; BETTI; PASSOS; TANAKA, 2000). As plantas atingem 15-30 cm de altura, formando touceiras que aumentam com o tempo de cultivo, cujas flores são geralmente hermafroditas e estão agrupadas em inflorescência do tipo cimeira (RONQUE, 1998). O morango comercializado é um pseudofruto ou uma infrutescência (BRANZANTI, 1989; RONQUE, 1998).

O morango é considerado um fruto de clima temperado, e muito atrativo por sua coloração vermelho-brilhante, o odor característico, a textura macia e o sabor levemente acidificado tornam-no muito atrativo. O sabor característico é resultado da relação entre seus teores de acidez e de açúcares, dentre os quais predominam a glicose, a frutose e a sacarose. Seu teor de vitamina C é elevado de 60-70 mg 100 g⁻¹ de ácido ascórbico (LIMA, 1999; PAZINATO, 1999).

Os estados de Minas Gerais (56 %), Rio Grande do Sul (14 %), Paraná (9 %) e São Paulo (5 %) são responsáveis pela maior parte do morango produzido no Brasil (IBGE, 2006), que é quase toda destinada ao mercado interno, apesar de alguma exportação para a Argentina e o Chile (MADIAL; REICHERT; MAGLIORINI, 2005; REETZ et.al., 2007).

Conforme Oliveira et. al. (2005), os principais cultivares utilizados no Brasil provêm dos Estados Unidos, podendo-se destacar as seguintes variedades: Aromas, Camarosa, Capitola, Diamante, Dover, Oso Grande e Sweet Charlie. Antunes e Reisser Junior (2007) destacam que as

principais variedades cultivadas no Brasil são: Oso Grande (54% da área cultivada), Camarosa (20%), Dover (6%), Aromas (4%), e outras variedades (16%).

Sua produção está concentrada no período de junho a novembro (CAMARGO FILHO et.al., 1994), com dificuldade para o abastecimento na entre safra utilizando-se o armazenamento refrigerado associado a produção por variedades precoces e tardias. Esta situação tem estimulado a procura de tecnologias que permitam aumentar sua vida útil.

1.3 Pós-Colheita do Morango

O morango é classificado como fruto não climatérico, porém apresenta taxa respiratória considerável, e produz baixos níveis de etileno ($< 0,1 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$), além de não responder a aplicações de etileno, para estimular seu amadurecimento (WILLS E KIM, 1995; DUARTE-FILHO et.al., 1999; MITCHAM; CRISOSTO; KADER, 2004). Contudo, possui grande suscetibilidade a lesões mecânicas e doenças, e elevada taxa de perda de água. Esse conjunto de fatores contribui para a rápida deterioração, implicando em um reduzido período de conservação pós-colheita (NUNES E MORAIS, 1995; FLORES-CANTILLANO, 1998).

A colheita e o manuseio podem causar injúrias mecânicas e contaminação por patógenos, que têm grande relevância para frutas delicadas, como o morango. O ponto de colheita do morango para fins industriais é o denominado "maduro" (90-100 % da superfície vermelho) e com $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ maduro para comercialização *in natura* (FLORES-CANTILLANO, 2005).

Normalmente, os frutos colhidos são colocados em cestas de palha, transportados à casa de embalagens, onde são acondicionados para a comercialização. Contudo, sabe-se que a colheita diretamente na embalagem de comercialização reduz o manuseio dos frutos, com conseqüente redução nas perdas pós-colheita (SNOWDON, 1990; BALBINO E COSTA, 2006).

Segundo Bleinroth (1986), o morango conserva sua boa qualidade por até dois dias, quando armazenado sem refrigeração, e essa curta vida útil é devido à redução nas suas propriedades aromáticas, no sabor e no brilho característico, que é provocado pela deterioração e/ou início do apodrecimento.

Outro fator muito importante que acarreta em grandes perdas após a colheita é a ocorrência de podridões, a que o morango é altamente susceptível. Dias *et.al.* (2005) relataram que as principais doenças na cultura do morango são: a antracnose que afeta toda a fase de produção, com destaque para a conhecida, como coração-vermelho ou chocolate causado por *Colletotrichum fragariae* Books; o mofo-cinzento que tem como agente causador o *Botrytis*

cinerea Pers. & Fr; e a podridão-de-rhizopus, causada pelo fungo *Rhizopus nigricans*, que é considerada a principal doença pós-colheita.

O intenso metabolismo do morango, que implica em sua alta perecibilidade, indica a recomendação do uso de armazenamento refrigerado. A refrigeração tem por finalidade reduzir a taxa da respiratória, o amadurecimento, o amolecimento, a evolução da coloração, o surgimento de podridões e as mudanças metabólicas indesejáveis. Têm-se recomendado o armazenamento à 0 °C e 90-95 % UR, durante cinco a sete dias (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1986; CHITARRA E CHITARRA, 2005).

1.4 Atmosfera Controlada

Segundo Do e Salunkhe (1979), o uso da atmosfera controlada (AC) é uma das inovações mais importantes no armazenamento de frutas e hortaliças, desde a introdução da refrigeração mecânica. Este método, se combinado com a refrigeração, retarda de forma decisiva a atividade respiratória, o amolecimento, as mudanças de coloração e de qualidade.

Na atmosfera controlada, a mistura de gases deve ser escolhida conforme as necessidades específicas do produto, não havendo uma recomendação única para todos os produtos hortícolas. Na maioria das aplicações, a mistura gasosa é uma combinação de dióxido de carbono, oxigênio e nitrogênio (JUNQUEIRA E LUENGO, 1999). As atmosferas ótimas para as frutas e para as hortaliças frescas variam de acordo com a espécie, a região de cultivo (LARSEN E WATKINS, 1995), o estágio de maturação, a temperatura e o tempo de exposição às condições em questão (BRECHT et.al., 2003).

O equipamento que permite o uso da tecnologia de atmosfera controlada existe em escala comercial e têm sido muito utilizado para maçã. O equipamento comercial, por exemplo, da marca Kronenberger Sistemtechnik, tem uma central eletrônica que controla automaticamente as concentrações parciais dos gases dentro das câmaras de armazenamento. Quando os níveis dos gases são alterados, a central aciona o injetor de gás e o sistema de exaustão da câmara. Automaticamente, a atmosfera interna é alterada com a entrada de gases puros até estabelecerem novamente as concentrações adequadas. Pela característica de reposição atmosférica momentânea este sistema pode ser chamado de “atmosfera controlada estática”. Este tipo de sistema comercial é altamente sofisticado e preciso, porém de alto custo.

Existem equipamentos de menor custo e com boa confiabilidade, que permitem aos centros de pesquisas estudarem o uso de AC para diferentes tipos de produtos. Estes equipamentos trabalham com atmosferas de fluxo contínuo, ou seja, um fluxo com mistura gasosa percorre a câmara de armazenamento na concentração requerida. Este tipo de sistema é capaz de retirar todo CO_2 produzido pela respiração e repor todo O_2 consumido, permitindo o controle da atmosfera de armazenamento.

Este equipamento voltado para área de pesquisa é denominado de fluxcentro. Existem dois modelos clássicos deste equipamento, o primeiro modelo foi descrito por Claypool e Keefer (1942), construído com a finalidade de se estudar a respiração de produtos perecíveis, enquanto o de Calbo (1989) é direcionado para a aplicação de atmosfera controlada no estudo da conservação de produto hortícola.

Segundo Kader (2003b), atmosferas com baixos níveis de oxigênio, menor que 1 % de O_2 , e/ou altos níveis de dióxido de carbono, maior que 20 % de CO_2 , podem gerar desarranjo celular culminando com diminuição no pH citoplasmático e nos níveis de ATP, e reduzindo a atividade da piruvato desidrogenase, enquanto que as enzimas piruvato descarboxilase, álcool desidrogenase e lactato desidrogenase podem ser induzidas ou ativadas. Estes processos bioquímicos causam elevação dos níveis de acetaldeído, etanol, acetato de etila e lactato de etila, e levar aromas indesejáveis aos frutos.

Baixas concentrações de O_2 , em combinações ou não com altas concentrações de CO_2 , podem ter efeitos benéficos na vida pós-colheita de morangos, como a redução na deterioração de podridões e aumento no seu período de conservação (WELLS E COTA, 1970; KE et.al., 1991; CORDENUNSI; NASCIMENTO; LAJOLO, 2003; FLORES-CANTILLANO, 2003).

Estudos realizados com morangos apontam que atmosferas com elevado nível de CO_2 é eficaz na manutenção da qualidade e da firmeza da polpa por maior período de tempo, quando comparada com atmosfera ambiente (MITCHELL, 1992; FLORES-CANTILLANO, 1998).

Outra vantagem na utilização de altas concentrações de CO_2 é a redução na incidência de deteriorações e de podridões em morangos (FLORES-CANTILLANO, 1998). Hertog et.al. (1999) e Van der Steen et.al. (2002) verificaram que as elevadas concentrações de CO_2 no armazenamento de morangos foram eficientes na redução de perdas causadas por patógenos, principalmente por *Botrytis cinerea* e Ertan et.al. (1990) corroboram afirmando que este tipo de

atmosfera também controla podridões causadas por *Penicillium ssp* e reduz o metabolismo das frutas com manutenção do aroma e da qualidade.

Os morangos são frutos relativamente tolerantes ao CO₂ (KADER; ZAGORY; KERBEL, 1989, KE et.al., 1991) e permitem o uso de atmosferas enriquecidas com CO₂ para aumentar a vida pós-colheita dos mesmos (LI E KADER, 1989; KADER, 1991; GIL; HOLCROFT; KADER, 1997; ZHANG E WATKINS, 2005).

O acondicionamento deste fruto com alta concentração de CO₂ é importante quando ele é exposto a elevadas temperaturas durante o transporte, que desfavorecem o desenvolvimento de podridões (WELLS E COTA, 1970; SHAMAILA; POWRIE; SKURA 1992; LARSEN E WATKINS, 1995; PELAYO; EBELER; KADER, 2003).

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a conservação do morango por 10 dias é atingida, quando os frutos são armazenados a 0 °C com concentrações de 10 % de O₂ e 15 % a 20 % de CO₂. O armazenamento em atmosferas com níveis de CO₂ entre 12 % e 20 % possibilita a redução da perecibilidade e da incidência de doenças e favorecem a manutenção da firmeza (ALMENAR et.al., 2006).

Brackmann et.al. (2001) estudando os efeitos de armazenamento de morangos cv. Oso Grande sob atmosfera controlada, observaram que o uso de 20 % de CO₂ associado a refrigeração (0°C) propiciou boa manutenção da qualidade dos frutos por até 20 dias, não sendo verificadas alterações no sabor e no aroma. Calegario; Pezzi; Bender (2002), estudando o efeito de atmosfera controlada (3 % e 5 % O₂; e 10 % e 15 % CO₂) para esta cultivar, relataram que a 0 °C, permitiu aumentar o período de conservação por até sete dias, quando comparado com a atmosfera ambiente (0,03 % de CO₂), na mesma temperatura.

Fernández-Trujillo; Nock; Watkins (2007), estudando morangos da cv. Jewel sob atmosfera controlada com 20 % de CO₂ a 2 °C, não detectaram diferenças nos agentes antioxidantes e não observaram a indução de processo fermentativo.

Morangos submetidos a atmosferas com 50 % ou 80 % de CO₂ podem apresentar mudanças na coloração externa de vermelho para vermelho escuro, e aspecto aquoso escuro denominado de “water soaking” (KE et.al., 1991), além de uma redução na intensidade da cor vermelha nos tecidos internos (KADER, 1986).

Gil; Holcroft; Kader (1997) armazenaram morangos a 5°C sob atmosfera controlada com altos níveis de CO₂ (20 % e 40 %), e relataram a manutenção da vida útil e da qualidade pós-

colheita. Entretanto esses mesmos autores constataram efeito adverso dessas concentrações na estabilidade da antocianina, sobretudo no interior do fruto.

Agar; Streif; Bangerth (1997) demonstraram em morangos, que o teor de vitamina C (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico) diminuiu com o uso de altas concentrações de CO₂ (10 a 30 %) e que a redução das concentrações de O₂ associada a altas concentrações de CO₂, tiveram pequeno efeito sobre o conteúdo desta vitamina. Os teores de ácido ascórbico reduziram-se mais que os do ácido dehidroascórbico na presença das altas concentrações de CO₂. Esses mesmos autores sugerem que altas concentrações de CO₂ podem estimular a oxidação do ácido ascórbico e/ou a inibição da redução do ácido mono ou dehidroascórbico para ácido ascórbico.

Estudos têm demonstrado que atmosferas com altos níveis de O₂ podem influenciar positivamente na fisiologia e na manutenção da qualidade de produtos vegetais, inibindo o escurecimento enzimático, prevenindo a fermentação anaeróbica e alterando o crescimento de microrganismos aeróbicos e anaeróbicos (KE; ZHOU; KADER, 1994; KADER E BEN-YEHOSHUA, 2000; DAY, 2001; VAN DER STEEN et.al., 2002).

O uso de atmosfera com concentrações superiores a 70 % de O₂ tem produzido bons resultados na inibição do crescimento bacteriano, leveduras e fungos, além da redução da taxa respiratória dos vegetais (ALLENDE et.al., 2002; VAN DER STEEN et.al., 2002; ESCALONA et.al., 2006). Zheng; Yang; Chen, (2008) afirmaram que atmosferas acima de 60 % de O₂ diminuem significativamente o surgimento de doenças pós-colheita em bayberry chinês, mirtilo e morango.

Wszelaki e Mitcham (2000) constataram que atmosferas com 80-100% de O₂ são mais eficazes em inibir o surgimento de doença causada por *Botrytis cinerea* em morangos, do que o crescimento do mesmo *in vitro*, sugerindo que altas concentrações de O₂, tem efeito sobre o fruto e sobre o crescimento do fungo, mesmo com melhor resultado *in vivo* do que *in vitro*.

A possível explicação para que a atmosfera com altas concentrações de oxigênio inibe o surgimento de doenças *in vivo*, é que ela induz o mecanismo de defesa do vegetal, aumentando a resistência a doenças na fase pós-colheita (ZHENG; YANG; CHEN, 2008). Isto também acontece com a resistência induzida a *Alternaria alternata* em mangas submetidas a tratamentos com dióxido de carbono (PRUSKY, et.al., 1993).

Stewart et.al. (1999) demonstraram que os frutos acondicionados em embalagens com 80 % de O₂ encontravam-se com maior firmeza, menor índice de doenças e melhor sabor quando

comparado com os armazenados no ar atmosférico e com os armazenados sob atmosfera com baixo O₂.

Wszelaki e Mitcham (2000), estudando o armazenamento a 5 °C e com altos níveis de oxigênio (40 %, 60 %, 80 %, 90 % ou 100 %) em morangos, relataram que a respiração, a produção de etileno, a firmeza, os teores de sólidos solúveis e de acidez titulável, e a cor externa foram moderadamente afetadas pelos tratamentos durante um período de 14 dias, mostrando a eficiência deste tipo de tratamento.

Zheng et.al. (2007) relataram que morangos 'Allstar', armazenados a 5 °C nas concentrações de 21 % (controle), 40 %, 60 %, 80 % e 100 % O₂, apresentaram redução na incidência de doenças, manutenção da coloração e dos teores de açúcares e de ácidos, com o aumento da concentração de O₂.

Pérez e Sanz (2001) estudaram morangos 'Camarosa' armazenados à 8 °C sob atmosfera controlada com diferentes combinações de O₂ e CO₂ (ar atmosférico; 5 % O₂ + 20 % CO₂; 80 % O₂ + 20 % CO₂; e 90 % O₂ + 10 % CO₂) e observaram que os tratamentos contendo elevado teor de O₂ apresentaram menor perda de massa, menor incidência de *Botrytis cinerea* e manutenção da firmeza quando comparados com os do ar atmosférico e com o tratamento 5 % O₂ + 20 % CO₂. O tratamento com 80 % O₂ + 20 % CO₂ apresentou os maiores teores de acetaldeído e etanol e levou aos autores relatarem que aparentemente a atmosfera com alto CO₂ combinado com alto O₂ proporcionou o odor desagradável, quando comparados com as outras concentrações.

Brecht et.al. (2003) armazenaram morangos 'Chandler' a 4 °C e a 10 °C sob condições de atmosfera controlada com diferentes níveis de oxigênio e dióxido de carbono (5 % O₂ + 15 % CO₂ e 10 % O₂ + 20 % CO₂) por 2 semanas, e demonstraram que os efeitos desta tecnologia em temperaturas de armazenamento acima da ótima (0 °C) foram benéficos, e que a minimização de mudanças na perda de massa, firmeza e cor, são melhores a 4 °C do que a 10 °C. Em relação às atmosferas de armazenamento, os morangos armazenados sob 5 % O₂ + 15 % CO₂ tiveram uma menor perda de massa, mantiveram melhor a firmeza e apresentaram coloração vermelho mais brilhante e intensa, assim como maiores teores de acidez, de sólidos solúveis e de vitamina C.

A atmosfera controlada também permite o uso de gases com efeitos fungicidas, como o óxido nitroso (QADIR E HASHINAGA, 2001 a, b), o monóxido de carbono (GOFFINGS E HERREGODS, 1989), o dióxido de enxofre (BERRY E AKED, 1997), e entre outros. O óxido nitroso (N₂O) é um gás atmosférico, que apresenta boas propriedades biofísicas, assim como

relativa estabilidade, alta solubilidade, estrutura isomérica linear e inibição de crescimento fúngico, semelhante ao CO₂ (EL-GOORANI E SOMMER, 1981).

Em frutas, o N₂O tem mostrado efeito na inibição da produção de etileno (GOUBLE; FATH; PIERRE, 1995). Experimentos *in vitro* com N₂O têm demonstrado efeito fungicida em diferentes grupos de fungos, como *Botrytis cinerea* e *Rhizopus spp*, que são os principais patógenos que afetam a qualidade do morango (QADIR E HASHINAGA, 2001a). O N₂O também possui um promissor efeito sobre os tecidos de vegetais não-climatéricos (QADIR; KARIM; HASHINAGA, 2000).

Qadir e Hashinaga (2001b) observaram redução na incidência de *Botrytis cinerea* Pers & Fr em morangos tratados com diferentes concentrações de N₂O. Os frutos tratados durante dois dias com 80 % de N₂O e 20 % de O₂ não apresentaram sintomas, quando armazenados a 2 °C durante 12 dias, enquanto os frutos do controle apresentaram 96 % de severidade na mesma condição de armazenamento. Este gás ainda não têm sido frequentemente utilizado nos estudos sobre pós-colheita de frutas e hortaliças.

Referências

AGAR, I.T.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 11, n. 1, p. 47-55, 1997.

ALLENDE, A.; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J.; ARTÉS, F. Effect of super atmospheric oxygen packaging on sensorial quality, spoilage, and *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas caviae* growth in fresh processed 1 mixed salads. **Journal Food Protection**. Des Moines, v.65, n. 10, p.1565–1573, 2002.

ALMENAR, E.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; LAGARÓN, J.M.; CATALÁ, R.; GAVARA, R. Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v 54, p. 86-91, 2006

ANTUNES, L.C; REISSER JUNIOR, C. Produção Integrada de Morango: oportunidade de mercado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4., ;ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL,3., 2008. Pelotas. **Anais....** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 1 CD-ROM.

BALBINO, J.M. de S.; COSTA, H. Manejo na colheita e em pós-colheita do morango. In: BALBINO, J.M. de S. (Ed.). **Tecnologias para produção**: colheita e pós-colheita de morangueiro. 2 ed. Vitória: INCAPER, 2006. p.69-74.

BERRY, G.; AKED, J. Controlled atmosphere alternatives to the post-harvest use of sulphur dioxide to inhibit the development of *Botrytis cinerea* in table grapes. **Postharvest Horticulture Series**, Califórnia, n. 19, v. 3, p.160–164, 1997.

BETTI, J.A.; PASSOS, F.A.; TANAKA, M.A. de S. Produção de mudas sadias de morangueiro. In: TANAKA, M.A.; BETTI, J.A.; PASSOS, F.A. **Manejo integrado de pragas e doenças do morangueiro**. Campinas: CATI, 2000. p.55-61. (CATI. Manual Técnico. Série Especial, 5).

BLEINROTH, E.W. Recomendações para armazenamento. **Toda Fruta**, São Paulo, v. 5, p. 34-37, 1986.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; WACLAVOWSKY, A.J; DONAZZOLO, J. Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria Ananassa* L.) sob elevadas pressões parciais de CO₂. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.1, p.10-14, 2001.

BRANZANTI, E.C. **La Fresca**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989. 386p.

BRECHT, J.K.; CHAU, K.V.; FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; SILVA, F.M.; NUNES, M.C.N.; BENDER, R.J. Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 27, p. 87- 101, 2003.

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, v.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.

CAMARGO FILHO, W.P.; MAZZEI, A.R.; CAMARGO, A.M.P.; ANAPALOS, L.C. Estacionalidade dos preços e das quantidades de frutas olerícolas: melancia, melão e morango, 1987 - 91. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 75, 1994.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: FAEPE, 2005. 783p.

CLAYPOOL, L.L.; KEEFER, R.M. A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies. **Proceedings of The American Society for Horticultural Science**, Florida, v.40, p.177-176, 1942.

CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; LAJOLO, F.M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, London, v. 83, p. 167-173, 2003.

DAY, B.P.F. Fresh prepared produce: GMP for high oxygen MAP and non-sulphite dipping. Gloshister, UK: Campden & Chorleywood Food Research Association Group; Chipping Campden, 2001. p. 76. (Guideline, 31)

DIAS, M.S.C.; CANULO, R.S.; SANTOS, L.O.; MARTINS, R.N. Doenças do morango. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.26, p. 40-43, 2005.

DO, J.Y.; SALUNKHE, D.K. Almacenamiento em atmosfera controlada. In: PANTASTICO, E. B. (Ed.). **Fisiologia de la postrecoleccion, manejo y utilizacion de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales**. México: Compañía Editorial Continental, 1979. p.209-221.

DUARTE-FILHO, J.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M.A.; ANTUNES, L.D.; FADINI, M.A.M. Fisiologia pós-colheita e armazenamento de morangos. In: FLORES-CANTILLANO, F. **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. p. 187-204.

EL-GOORANI, M.A.; SOMMER, N.F. Effects of modified atmospheres on postharvest pathogens of fruits and vegetables. **Horticultural Reviews**, Westport ,v.3, p. 412–461, 1981.

ERTAN, Ü.; ÖZELKÖK, S.; CELIKEL, F.; KEPENEK, K. The effects of precooling and increased atmospheric concentrations of CO₂ on fruit quality and postharvest life of strawberries. **Bahce**, Yalova, v. 1/2, n. 19, p. 59-76, 1990.

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**. Wageningen, n.39, p. 48-55. 2006.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; NOCK, J.F.; WATKINS, C.B. Antioxidante enzyme activities in strawberry fruit exposed to high carbon dioxide atmosphere during cold storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, 104, p. 1425-1429, 2007.

FLORES-CANTILLANO, E. **Estudio del efecto de lãs atmosferas modificadas durante el almacenamiento y comercialización de algunas frutas y hortalizas**. 1998. 267p. Teses (Doctoral) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1998.

FLORES-CANTILLANO, F. **Morango: pós-colheita**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil,42).

FLORES-CANTILLANO, R.F. Colheita e pós-colehit. In: PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas. EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (EMBRAPA Clima Temperado. Sistema de produção, 5) Versão Eletrônica. **Disponível em:**

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>>. Acesso em: 5 fev. 2008.

GIL, M.; HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal Agricultural Food Chemistry**. Washington, 45, p. 1662-1667, 1997

GOFFINGS, G.; HERREGODS, M. Storage of leeks under controlled atmospheres. **Acta-Horticulturae**, Belgium, n. 258, p.481-484, 1989.

GOUBLE, H.; FATH, D.; PIERRE, S. Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climacteric fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, p. 311-321, 1995.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 130p. (Agriculture Handbook, 66).

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p. 231-233, 1999.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em:
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>. Acesso em: 19 nov. 2010.

JUNQUEIRA, A.H.; LUENGO, R. de F.A. **Mercados diferenciados de hortaliças**. Brasília, DF: EMBRAPA Hortaliças, 1999. 7 p. (Circular Técnica, 17).

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p. 99-100 ;p.102-104, 1986.

KADER, A.A. Physiology of CA treated produce. 8th .ed. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE. **Acta Horticulturae**, Holanda, n. 600, p. 349-354, 2003a.

KADER, A.A. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. . 8th .ed. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE **Acta Horticulturae**, Holanda, n.600, p.737-740, 2003b.

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**. Wageningen , v.20, p. 1-13, 2000.

KADER, A. Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of strawberry In: LUBY, A. (Ed.). **The strawberry into the 21st century**. Portland: Timber Press, 1991. p. 145-152.

KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. West Palm Beach, v. 28, n. 1, p. 1-30, 1989.

KE, D.Y.; GOLDSTEIN, L.; MAHONI, M.; KADER, A.A. Effects of short term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 1, n.56, p. 50 - 54, 1991.

KE, D.; ZHOU, L.; KADER, A.A. Mode of O₂ and CO₂ action on strawberry ester biosynthesis. **Journal American Society. Horticulture Science**, Alexandria, v.119, p. 971-975. 1994.

LARSEN, M.; WATKINS, C.B. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 5, n. 1/2, p. 39-50, 1995.

LI, C.; KADER, A.A. residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Chicago, v.114, n.4, p. 629-634, 1989.

LIMA, L.C.O. Qualidade, colheita e manuseio pós-colheita de frutos de morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 198, p. 80-83, 1999.

MADAIL, J. C. M. A Economia do Morango. Embrapa Clima Temperado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4., ;ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008. Pelotas. **Anais...** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 1 CD-ROM.

MADIAL, J.C.M.; REICHERT, L.J.; MAGLIORINI, L.C. Coeficientes técnicos para a cultura do morangueiro. In: PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). **Sistema de produção do morango. Pelotas**. EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (Embrapa Clima Temperado. Sistema de produção, 5) Versão Eletrônica. Disponível em: <<http://FontesHTML/Morango/SistemaProduçãoMorango/cap15.htm>>. Acesso em: 7 jan. 2008.

MITCHELL, F.G. Postharvest handling system: small fruits (table grapes, strawberries, kiwi-fruit). 2nd ed. In: KARDER, A.A. (Ed.). **Postharvest Technology of horticultural crops**. University of California Publ, 1992. p. 223-231.

MITCHAM, E.J.; CRISOSTO, C.H.; KADER, A.A. **Strawberry**: recommendations for maintaining postharvest quality. Davis, CA: University of California. 2004. Disponível em: <<http://rics.ucdavis.edu/postharvest2/produce/ProduceFacts/Fruit/strawberry.shtml>>. Acesso em: 25 fev. 2010.

MOSCA, J.L.; VICENTINI, N.M. **Embalagens utilizadas na conservação pós-colheita de frutas e hortaliças in natura**. Jaboticabal : FUNEP, 2000. 21p.

NUNES, M.C.M.; MORAIS, A.M.M.B. Quality of strawberries after storage en controlled atmospheres at above optimum storage temperatures. Proceeding of the Florida State. **Society for Horticultural Science**, Florida, v.108, p.273-277, 1995.

NUNES, M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.127, v. 5, p. 856-842, 2002.

OLIVEIRA, R.P.; NINO, A.F.P.; SCIVITTARO, W.B. Mudanças certificadas de morangueiro: maior produção e melhor qualidade de fruta. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v.108, n. 655, p. 35-38, 2005.

PASSOS, F.A. Melhoramento do morangueiro no Instituto Agrônomo de Campinas. In: SIMPOSIO NACIONAL DO MORANGO, 1., 1999, Pouso Alegre. **Anais...** Morango: tecnologia de produção e processamento. Caldas: EPAMIG-FECD, 1999. p.259-264.

PAZINATO, B.C. Processamento do morango. In: DUARTE-FILHO, J.; CANÇADO, G.M.A.; REGINA, M. de A.; ANTUNES, L.D.; FADINI, M.A.M. **Morango: tecnologia de produção e processamento**. Caldas: EPAMIG, 1999. p. 187-204.

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

PÉREZ, A.G.; SANZ, C.; OLÍAS, R.; RÍOS, J.J.; OLÍAS, J.M. Effect of modified atmosphere packaging on strawberry quality during shelf-life. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, 7., 1997. Davis. **Proceedings...** Davis, v.3, p. 153-159, 1997.

PÉREZ, A.G.; ZANZ, C. Effect of high-Oxygen and High-Carbon-Dioxide Atmospheres on Strawberry flavor and other quality traits. **Journal of Food Chemistry**, Washington, v.49, 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**, Florence, v.341, p.305-320, 1993.

QADIR, A.; HASHINAGA, F. Nitrous oxide inhibits in vitro growth of multiple Postharvest Fungi. **HortScience**, Alexandria, n. 36, p.1302 – 1304, 2001a.

QADIR, A.; HASHINAGA, F. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 22, p. 279-283, 2001 b.

QADIR, A.; KARIM, M.R.; HASHINAGA, F. Effect of nitrous oxide on non-climacteric tissue. In: IMPROVING POSTHARVEST TECHNOLOGIES OF FRUITS, VEGETABLES AND ORNAMENTALS. **IIR Conference**, 2000. Murcia. **Proceedings...** Murcia, 2000. p.114.

REETZ, E.; RIGON, L.; VENCATO, A.; CORRÊA, S.; ROSA, G.R.; BELING, R.R. Feitas deliciosas. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, Santa Cruz do Sul, v.1, n.1, p.18-19, 2007

RONQUE, E.R.V. **Cultura do morangueiro: revisão e prática**. Curitiba: EMATER- Paraná, 1998. 206p.

ROSEN, J.C.; KADER, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 3, n.54, p. 656-659, 1989.

SEELIG, R.A. **Strawberries**. 3rd ed. Eashington: United Fresh Fruit & Vegetable Association. 1975. 24p.

SHAMAILA, M.M.; POWRIE, W.D.; SKURA, B.J. Sensory evaluation of strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. **Journal of Food Science**, British Columbia, Canadá, v. 57, n. 5, p.1168-1172, 1992.

SILVA, A.F.; DIAS, M.S.C.; MARO, L.A.C. Botânica e fisiologia do morangueiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, n. 236, p. 7-13, 2007.

SNOWDON, A.L. **A colour atlas of postharvest diseases and disorders of fruit and vegetables**. London: Wolfe Scientific, 1990. v.1:General introduction and fruits. 302p.

STEWART, D.; OPARKA, J.; JOHNSTONE, C.; IANNETTA, P.P.M.; DAVIES, H.V. Effect of modified atmosphere packaging (MAP) on soft fruit quality. In: ANNUAL REPORT OF THE SCOTTISH CROP RESEARCH INSTITUTE FOR, 1999. Scottish Crop Research Institute: Invergowrie, Dundee, Scotland, 1999. p. 119-124.

VAN DER STEEN, C.; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Combining high oxygenatmospheres 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.

WELLS, J.M.; COTA, M. Germination and growth of five fungi in lowoxygen and high-carbon dioxide atmospheres. **Phytopathology**, Saint Paul, v.60, p.50-53, 1970.

WILLS, R.B.H.; KIM, G.H. Effect of ethylene on postharvest life of strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 6, n. 3/4, p. 249-255, 1995.

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.

ZHANG, J.Z.J.; WATKINS, C.B. Fruit quality, fermentation products, and activities of associated enzymes during elevated CO₂ treatment of strawberry fruit at high and low temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.130, n.1, p.124-130, 2005.

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 (LWT)**, London, v. 40. n.1, p. 49-57, 2007.

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, p. 470-474, 2008.

2 ALTAS CONCENTRAÇÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA VIDA ÚTIL DE MORANGOS CV. OSO GRANDE

Resumo

A vida-útil pós-colheita do morango pode ser aumentada com o uso de refrigeração associada a atmosferas com 12 % a 20 % de CO₂. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do morango 'Oso Grande', quando armazenado sob atmosfera controlada com altas concentrações de CO₂. Os morangos foram selecionados, resfriados e armazenados a 10°C em mini-câmaras herméticas, com fluxo contínuo, 150 mL min⁻¹, de distintas concentrações de CO₂ (0,03 %; 10 %; 20 %; 40 %; 80 %) combinadas com 20 % de O₂. Os frutos foram avaliados a cada dois dias até se tornarem impróprios para o consumo. Observou-se que quanto maior a concentração de CO₂ na atmosfera menor era a incidência de doenças. As concentrações de 20 % e 40 % CO₂ permitiram a conservação dos morangos por até oito dias, enquanto a com 0,03 % conservaram-se por apenas dois dias. Os morangos armazenados com 80 % de CO₂ mantiveram ótima aparência por seis dias, porém foram considerados inadequados para o consumo, por apresentarem teores elevados de acetaldeído (4,9 mg 100g⁻¹) e de etanol (105,3 mg 100g⁻¹), que são indícios de processo fermentativo. A perda de massa fresca pelos morangos foi inferior a 2%. Os frutos mantidos em atmosfera com 0,03 % ou 80 % de CO₂ apresentaram a maior perda da firmeza inicial, que ao final do período de armazenamento era de 40 %, enquanto nos armazenados com 20 % ou 40 % de CO₂ esta perda foi de 28 %. Apesar de estatisticamente diferentes, a coloração externa dos morangos foi visualmente imperceptível. Os frutos submetidos a 80 % de CO₂ apresentaram os menores teores de acidez titulável e de ácido ascórbico. Morangos 'Oso Grande' quando armazenados a 10 °C, sob atmosfera controlada com 20 % ou 40 % de CO₂ associada com 20 % de O₂ conservam suas características de cor e firmeza com redução na incidência de doenças e a boa qualidade por oito dias.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*: Atmosfera controlada; Pós-Colheita; Elevado CO₂

Abstract

The shelf life postharvest of strawberry can be increased with the use of refrigeration associated with atmospheres with 12 % to 20 % CO₂. This work was to purpose evaluate the quality of strawberry 'Oso Grande', when stored under controlled atmosphere with high concentrations of CO₂. The strawberries were selected, cooled and stored to 10 °C in air tight chambers with continuous flow of 150 ml/min⁻¹. Different concentrations of CO₂ (0,03%; 10%; 20%; 40%; 80%) combined with 20% O₂ were submitted to a test. The fruits were evaluated every two days until they become inappropriate for the consumption. It was noted that the higher the concentration of CO₂ in the atmosphere, less was the incidence of disease. The concentrations of 20 % and 40 % CO₂ allowed the conservation of strawberries for up to eight days, while that the atmosphere with 0,03 % CO₂ maintained by just two days. The strawberries stored with 80 % CO₂ maintained the great appearance for six days, but were they considered unsuitable for consumption on the present high levels of acetaldehyde (4,9 mg 100 g⁻¹) and of ethanol (105,3 mg 100 g⁻¹), that they are indication of fermentative process. The loss of fresh mass by strawberries was less than 2 %. The fruit kept in atmosphere with 0,03 % or 80 % CO₂ presented the higher loss of firmness in the beginning of the storage, that in the end of the same period of

storage was be 40 %, while that the fruit stored with 20 % or 40 % CO₂ this loss was be 28 %. Although statistically different, the external color of strawberries was visually imperceptible. The fruit have submitted at 80 % CO₂ showed lesser titratable acidity and ascorbic acid contents. Strawberries 'Oso Grande' when stored at 10 °C under controlled atmosphere with 20 % or 40 % of CO₂ associated with 20 % O₂ maintained their color characteristics and firmness with reduction in the incidence of diseases and the great quality for eight days.

Keywords: *Fragaria x ananassa*; Controlled atmosphere; Postharvest; High CO₂

2.1 Introdução

O morango (*Fragaria x ananassa* Duch) é considerado uma fruta muito importante, pois apresenta diferentes possibilidades de uso, de saladas a sobremesas devido ao seu sabor delicado, podendo também ser matéria prima para a fabricação de iogurtes, doces, geléias, bolos, entre outros produtos, e por possibilitar o elevado retorno financeiro ao produtor (HENRIQUE E CEREDA, 1999; MADIAL, 2008). Isto se deve às características peculiares do fruto, que apresenta cor vermelho-brilhante intensa, odor envolvente, textura macia e sabor levemente acidificado, o que é muito apreciado pelos consumidores (SILVA, 2004).

A distribuição de morangos a grandes distâncias esbarra em sua perecibilidade, que decorrente principalmente da susceptibilidade ao desenvolvimento de agentes patogênicos (ROSEN E KADER, 1989; MALGRIM; CANTILLANO; COUTINHO, 2006). O método mais utilizado em sua conservação é o armazenamento refrigerado, com a complementação de outros métodos e tecnologias (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

Para o morango, a combinação de atmosferas especiais e temperatura de armazenamento, tem se mostrado viável para prolongar sua vida pós-colheita (NUNES et.al., 2002). Dentre os diversos métodos pode-se destacar o uso de atmosfera controlada (AC), atmosfera modificada (AM), atmosfera inseticida e tratamentos de pré-acondicionamento com CO₂ (FLORES-CANTILLANO, 2003). Seu armazenamento em atmosfera com níveis de CO₂ entre 12 % e 20 % possibilita reduzir a perecibilidade e a incidência de doenças, além de favorecer a manutenção da firmeza (ALMENAR et.al., 2006).

O uso de altas pressões parciais de CO₂ atua diretamente no metabolismo dos frutos e/ou sobre a germinação e desenvolvimento de agentes patogênicos (WELLS E COTA, 1970; MITCHELL, 1992; FLORES-CANTILLANO, 1998). Van der Steen et.al. (2002) verificaram que em morangos, o uso de atmosfera com elevadas concentrações de CO₂ no armazenamento foram eficientes para redução das perdas causadas por patógenos, principalmente por *Botrytis*

cinerea. Brackmann et.al. (2001) estudando o uso de atmosfera enriquecida com diferentes concentrações de CO₂ (0 %, 10 %, 15 % e 20 %), observaram que a combinação de 20 % CO₂ e temperatura de 0 °C, propiciou ao morango 'Oso Grande' uma vida útil de 20 dias, sem a ocorrência de desordens fisiológicas.

Atmosferas com elevadas concentrações de CO₂ podem ocasionar danos aos morangos, como o desenvolvimento de "off-flavor" e perdas na coloração da polpa e no aroma (BRACKMANN et.al. 2001). Estudo em que se testou concentrações de 20 % a 30 % CO₂, proporcionou frutas sem aroma característico e levaram ao aumento nas concentrações de acetaldeído e etanol (FENG et.al., 1993; KE et.al., 1993), apesar de Couey e Wells (1970) afirmarem que o desenvolvimento de "off-flavor" só ocorre em atmosferas contendo mais que 30 % de CO₂, o que tem sido atribuído ao uso de diferentes cultivares.

Morangos submetidos a atmosferas com 50 % ou 80 % de CO₂ podem apresentar mudanças na coloração externa, de vermelho para vermelho escuro, manchas externas com aspecto aquoso escuro ("water soaking") e redução na intensidade da cor vermelha da polpa (KE et.al.; 1991; KADER, 1986).

Diante do exposto, o objetivo deste experimento foi avaliar a qualidade de morangos cv. Oso Grande, quando armazenados sob atmosfera controlada com altas concentrações de CO₂, a 10 °C.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Material vegetal

Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos em cultivo comercial no município de Valinhos, São Paulo (Latitude 22° 58' Sul e Longitude 16° 59' Oeste), nas primeiras horas do dia, com 50-75 % da superfície de cor vermelho-brilhante (FLORES-CANTILLANO, 2005). Após a colheita 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, distando cerca de 90 km do local de produção.

No laboratório, os morangos foram criteriosamente selecionados, com retirada dos frutos doentes, com ferimentos ou com 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.

2.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera

Os morangos selecionados e pré-refrigerados foram armazenados em mini-câmaras herméticas. As mini-câmaras utilizadas para a aplicação da atmosfera controlada foram caixas plásticas translúcidas de 8,6 L (Sanremo® 960), com capacidade de acondicionamento de aproximadamente 1,2 kg de morango em camada única (Figura 1).

Figura 1 – Aspectos das câmaras de armazenamento sob atmosfera controlada

As mini-câmaras com os morangos foram dispostas em estantes no interior da câmara a 10 ± 1 °C, 95 ± 2 % UR, com a mistura gasosa já umidificada, injetada em sua parte inferior (entrada), e com saída na parte superior e em posição oposta à entrada.

Neste experimento foram utilizadas cinco misturas gasosas de 10 %, 20 %, 40 % e 80 % CO₂ com 20 % O₂, e um tratamento controle constituído por atmosfera do ambiente com 0,03 % CO₂ e 20 % de O₂.

As misturas balanceadas com dióxido de carbono (CO₂), oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂), fornecidos por cilindros individuais, do tipo K, com 99,99 % de pureza, foram circuladas pelas mini-câmaras em um fluxo contínuo de 150 mL min⁻¹. O tratamento controle foi fornecido por um compressor de ar odontológico (Schulz modelo MSV 6/30 L, São Paulo, Brasil). As

composições atmosféricas foram aferidas diariamente usando-se um analisador de gases da marca Dansensor, modelo Checkmate 9001.

O equipamento utilizado para estabelecer e controlar a atmosfera foi o fluxcentro (“Flowboard”) descrito por Calbo (1989), com modificação no regulador de pressão. Calbo (1989) utilizava como regulador de pressão um barostato, onde ocorria o borbulhamento dos gases em seu interior, com conseqüente perda dos mesmos para a atmosfera e elevado consumo destes gases. No lugar do barostato foi utilizada uma válvula diferencial adaptada a partir das válvulas utilizadas em botijão de gás GLP doméstico, o que permitiu regular a pressão do equipamento sem perda de gás.

As misturas gasosas (ar comprimido, O₂, CO₂ e N₂) em linhas individuais, foram umidificadas pela passagem por recipiente de vidro (9 L) contendo água destilada. Após serem umidificadas as misturas entravam no fluxcentro, onde cada linha de gás passava por um controlador de pressão, permitindo controlar e manter a pressão do fluxo em 60 cm de coluna de água.

Os fluxos desejados foram obtidos com o uso de capilares flexíveis de cobre, cujos diâmetros foram ajustados por prensagem em morsa mecânica. O fluxo de cada capilar foi aferido usando-se bolhômetro padrão de 50 mL, em vidro graduado.

Os fluxos ajustados de cada gás seguiam para os misturadores constituídos de duas conexões “T”, em que na primeira se realizava a pré-mistura de dois gases e na segunda ocorria a mistura do terceiro gás. Estas misturas foram aplicadas nas mini-câmaras de armazenamento com os morangos.

2.2.3 Atividade respiratória e produção de etanol e acetaldeído

Atividade Respiratória — A determinação da atividade respiratória foi feita utilizando-se 4 repetições, sendo considerada como repetição uma mini-câmara com aproximadamente 1,2 kg de morango, e a cada dois dias determinou-se a produção de CO₂, pelo sistema aberto. Foram coletadas amostras de 1,0 mL de gás na entrada e na saída da mini-câmara utilizando-se seringa modelo Gastight, marca Hamilton de 2,5 mL. Elas foram analisadas em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, 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 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 CO₂ foi calculada através da equação descrita por Kays (1991):

$$\text{Respiração (mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \frac{(\text{ppmCO}_{2\text{-saída}} - \text{ppmCO}_{2\text{-entrada}}) \times [\text{Fluxo (mL min}^{-1}) \times 60] \times 10^{-6}}{\text{Massa de morango (Kg)}}$$

Teores de Acetaldeído e Etanol — As amostras de 1 g de polpa triturada foram seladas em frascos de 40 mL, os quais foram lacrados e mantidos em congelador 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, que 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 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.

2.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas

Perda de Massa Fresca Acumulada — calculada em função da variação da massa dos frutos nas diferentes amostragens, por meio de pesagem em balança semi-analítica marca Tecnal, classe II, com precisão de 0,01 gramas, sendo expressa em porcentagem.

Firmeza (FIR) — foi determinada com penetrômetro digital marca Tr-Turoni, Sammar 53200, diretamente na lateral dos frutos, e os resultados expressos em Newton (N).

Firmeza por Aplanção (FIRa) — foi determinada colocando-se os frutos sobre um pedestal e colocando-se um becker de vidro de peso conhecido, sobre o fruto. O becker exerce

uma pressão (força) sobre o fruto e aplanar uma pequena área do tecido vegetal. A firmeza foi calculada pela razão entre a força aplicada e a área aplanada (CALBO e NERY, 1995) e os resultados foram transformados e expressos em Newton (N).

Coloração Externa — foi determinada nos dois lados de cada fruto, usando-se colorímetro Minolta, modelo CR-300, e os resultados expressos em luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade, de acordo com McGuirre (1992).

2.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas

Teor de Acidez Titulável — foi doseada em 10 g de material previamente triturado e homogeneizado em 50 mL de água destilada, através de titulação com NaOH a 0,1 M padronizada, tendo-se como ponto de viragem o pH = 8,2. Os resultados foram expressos pelo equivalente em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de amostra (met. 942.15 da AOAC, 1997).

Teor de Sólidos Solúveis — estes teores foram determinados em gotas obtidas do material triturado, medido em refratômetro digital marca Atago, modelo Pallete – 101, com os resultados expressos em °Brix (met. 932.12 da AOAC, 1997).

Teor de Ácido Ascórbico — foi determinado pelo método de Tillman (STROHECKER e HENNING, 1967). Os resultados foram expressos pelo equivalente em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra.

2.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência

Índice de Doença — foram avaliados visualmente 110 frutos por tratamento, e considerados doentes todos aqueles que apresentavam lesões características, com dimensão de 25 mm². Os resultados foram expressos em porcentagem.

Aparência — avaliada segundo uma escala de notas, onde: 3 = ótimo (sem sintomas de doença; túrgido; cor característica); 2 = bom (sem sintomas de doença; sem turgidez ou sem cor característica); 1 = ruim (sem sintomas de doença; sem turgidez e sem cor característica); e 0 = péssimo (com sintomas de doença). A nota 1 foi considerada a nota descarte, ou seja, quando os frutos estariam impróprios para a comercialização.

2.2.7 Delineamento e análises estatísticas

Os morangos foram armazenados a 10° C sob diferentes atmosferas controladas, por até oito dias e a cada dois dias foram avaliados. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), 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, de ácido ascórbico e de sólidos solúveis) foram utilizadas quatro repetições, com 300 g de morango em cada dia de análise. Para a firmeza, determinada usando-se penetrômetro e aplanção, e para a coloração foram utilizadas 40 repetições, sendo cada repetição um morango.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. As variáveis que apresentaram interação entre os fatores estudados foram submetidas à análise de dados longitudinais (regressão polinomial), devido ao caráter quantitativo imposto pelo fator tempo avaliado. Para as demais variáveis e/ou para aquelas cujas equações de regressão não se ajustaram tiveram suas médias analisadas através do teste de Tukey a 5 % de significância. Com exceção dos teores de acetaldéido e de etanol, em que as diferenças entre as médias de dois tratamentos for maior que a soma de dois erros padrões, foram consideradas significativas (SHAMAILA; POWRIE; SKURA, 1992). Os dados foram analisados através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

2.3 Resultados e Discussão

A vida útil dos frutos foi influenciada pela concentração de CO₂ na atmosfera de armazenamento, sendo que 20 % e 40 % proporcionaram o maior período de armazenamento dos morangos.

A ocorrência de doenças também foi significativamente influenciada pelas concentrações de CO₂ na atmosfera de armazenamento, pois concentrações mais elevadas desfavoreceram a ocorrência dos patógenos (Tabela 1), com intensidade maior nos frutos dos tratamentos com 0,03 % e 10 % de CO₂. Os morangos submetidos a 80 % CO₂ não desenvolveram podridões e os submetidos a 40 % CO₂ só apresentaram podridões no oitavo dia.

Tabela 1 - Ocorrência de doenças, expressa em porcentagem, em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Tempo (dia)	Concentrações CO ₂				
	0,03%	10%	20%	40%	80%
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	10,0	4,1	0,0	0,0	0,0
4	29,0	10,0	5,1	0,0	0,0
6	-	23,2	8,3	0,0	0,0
8	-	-	15,0	6,5	-

Obs: As porcentagens foram calculadas pela relação entre o número de frutos com podridões e o número total de frutos avaliados (n=110).

Holcroft e Kader (1999) também observaram que o uso da atmosfera controlada, com 20 % de CO₂ associada a diferentes concentrações de O₂, se mostraram eficientes no controle de doenças de morangos, quando comparadas à atmosfera ambiente.

As atmosferas com maior porcentagem de CO₂ tiveram a melhor manutenção da qualidade dos frutos (Figura 2), e o tratamento com 40 % de CO₂ manteve a boa aparência até o oitavo dia. A concentração de 80 % de CO₂ conservou a ótima aparência até o sexto dia, mas foram descartados por apresentarem odor alcoólico. Estes resultados vão ao encontro dos obtidos por Almenar et al. (2006).

Figura 2 - Aparência de morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. Aparência: 3 = ótimo; 2 = bom; 1 = ruim; e 0 = péssimo

Verifica-se que os frutos do tratamento controle (0,03 % CO₂) tiveram vida de prateleira de dois dias, enquanto os frutos em atmosfera controlada com 40 % de CO₂ duraram oito dias. Segundo Ronque (1998), o morango só pode ser conservado por cinco dias com uso de refrigeração, 0-10 °C e 85-90 % UR.

Entretanto, Hardenburgr; Watada; Wang (1986) indicaram um período de conservação de cinco a sete dias, quanto este fruto é armazenado a 0 °C e 90-95 % UR. Contudo, a utilização de temperatura de armazenamento de 0 °C é raramente utilizada no processo de comercialização de frutas e hortaliças, o que torna sua conservação por oito dias, usando-se atmosfera com 40 % de CO₂ a 10 °C, viável. Isto poderá ser obtido utilizando-se embalagem que facilite a concentração de CO₂ em seu interior, possibilitando maior vida útil ao produto, sem grandes mudanças na cadeia de frio.

O aparecimento de doenças foi um fator agravante à vida útil dos frutos. Análises fitopatológicas foram realizadas pela Dra. Marise Cagnin Martins Parisi, pesquisadora do IB/APTA Campinas, SP, que identificou como agentes destas doenças os fungos *Rhizopus* sp. e *Colletotrichum* sp (Figura 3).

Figura 3 - Morangos 'Oso Grande' com sintomas de doenças

O fungo *Colletotrichum* é considerado um dos agentes limitantes ao cultivo do morangueiro, pois causam danos severos na fase de produção. Frutos contaminados, mas ainda sem sintomas na colheita, podem desenvolver a doença na fase pós-colheita. A doença causada por *Rhizopus* sp é comumente encontrada na fase pós-colheita, e é a mais importante para o morango (DIAS; COSTA; CANULO, 2007).

A média da respiração dos frutos do tratamento controle (0,03 % CO₂) foi de 18,89 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ (Figura 4). Segundo Li e Kader (1989) e Hertog et.al. (1999), os morangos armazenados em ambiente com elevadas concentrações de CO₂ tem a taxa de respiração mínima ou nula, ou apresentam significativa redução, o que neste experimento, não foi possível ser avaliado, devido ao alto teor de CO₂ no ambiente de armazenamento.

A concentração e o tempo de exposição ao CO₂ podem levar a variações no metabolismo normal do fruto, tais como a perda de aroma natural e a ocorrência de aromas estranhos (COUEY E WELLS, 1970; KE et.al., 1993; LARSEN E WATKINS, 1995a; ZHANG E WATKINS, 2005).

Neste trabalho observou-se aumento acentuado, tanto na produção de acetaldeído como de etanol nos morangos armazenados com 80 % CO₂, enquanto os demais tratamentos exibiram aumento na concentração de etanol, mas sem efeito nos teores de acetaldeído (Figura 4).

Os frutos armazenados em ambiente com 0,03 % de CO₂ não apresentaram grandes alterações na produção de acetaldeído e etanol, com valores médios de 0,14 mg 100g⁻¹ e 2,94 mg 100g⁻¹, respectivamente. As atmosferas com 10 %, 20 % e 40 % de CO₂ tiveram aumento de etanol até o sexto dia de armazenamento para 41 mg 100g⁻¹, enquanto os teores de acetaldeído nestes tratamentos não diferiram do controle, com valor médio de 0,17 mg 100g⁻¹, sem ocorrência do odor característico de fruto fermentado (Figura 4).

Os frutos em ambiente com 80 % de CO₂ apresentaram aumento no teor de acetaldeído e etanol com valor final de 4,1 mg 100g⁻¹ e 105,3 mg 100g⁻¹, respectivamente, e ocorrência de odor de fermentado (Figura 4).

Figura 4 – Produção de etanol (A) e acetaldeído (B) nos morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4)

O aumento na produção de etanol, acetaldeído e acetato de etila em morangos armazenados em ambiente com altas concentrações de CO₂ também foi relatado por Ke *et al.* (1993) e FERNÁNDEZ-TRUJILLO; NOCK; WATKINS, (2007) em frutos da cv Jewel, o que foi atribuído a respiração anaeróbica.

As concentrações de acetaldeído e de etanol representaram 57 % e 63 % dos voláteis totais, em condição ambiente e de atmosfera enriquecida com CO₂ a 5 °C, respectivamente (ZALDIVAR *et.al.*, 2007). Este acúmulo dos metabólicos fermentativo pode ser uma resposta fisiológica ao aumento de CO₂ atmosférico, ou indicativo do seu amadurecimento excessivo (WATIKINS *et.al.*, 1999).

A perda acumulada de massa fresca pelos morangos 'Oso Grande' foi inferior a 1,5 % (Figura 5), demonstrando que o controle da umidade relativa foi efetivo, pois morangos só perdem seu valor comercial quando a perda de massa fresca for superior a 6 % (GARCÍA; MEDINA; OLÍAS, 1998). Deve-se considerar que o morango, por não possuir camada superficial protetora contra a perda de água, desidrata facilmente, o que pode ter efeito prejudicial a sua aparência (CALEGARO; PEZZI; BENDER, 2002).

Figura 5 - Variação da perda acumulada de massa fresca, em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Ao armazenar os morangos 'Oso Grande' sob atmosfera modificada com alta concentração de CO₂, Calegaro; Pezzi; Bender (2002), também observaram que os frutos armazenados com 15 % de CO₂ perderam menos massa fresca que os da atmosfera ambiente (0,03 % CO₂).

A reduzida perda de massa fresca pelos frutos foi atribuída a baixa diferença entre a pressão de vapor do produto e a pressão de vapor do ar circundante, ou ao déficit da pressão de vapor (DPV), que é diretamente afetado pela diferença entre a umidade relativa e entre a temperatura, do produto e a do ambiente de armazenamento (CHITARRA E CHITARRA, 2005). A umidificação das misturas gasosas, que estavam na mesma temperatura dos frutos, reduziu a DPV, e acarretou em uma pequena perda acumulada de massa fresca.

A firmeza medida através do método de aplanção (FIRa) dá idéia do turgor celular, e as atmosferas com 0,03 % e 80 % de CO₂ foram as que apresentaram os menores valores médios desta variável (Tabela 2), assim como apresentaram a maior perda de massa fresca.

Tabela 2 - Firmeza determinada pelos métodos de aplanção (FIRa) e utilizando-se penetrômetro (FIR), em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Concentrações de CO ₂ (C)	FIRa (N)	FIR (N)
0,03 %	0,63 B	6,22A
10 %	0,65AB	6,28A
20 %	0,65AB	6,37A
40 %	0,73A	6,25A
80 %	0,63 B	5,87 B
Teste F	0,16*	6,26**
dms (5 %)	0,098	0,30
Tempo de armazenamento (Dias)		
0	0,59 B	7,81A
2	0,65A	6,38 B
4	0,72A	5,47 C
6	0,62AB	5,25 C
8	0,71A	5,53 C
Teste F	0,40*	202,83**
dms (5 %)	0,10	0,31
Interação C x Dias	0,05 ^{ns}	6,86**
CV (%)	34,38	15,92

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, nas colunas e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} = não significativo

A variação nos resultados da FIRa, ao longo do tempo de armazenamento, indica que os morangos sob atmosfera com 40 % de CO₂ estavam com maior turgor celular durante o período de armazenamento, enquanto os mantidos sob 10 % e 80 % de CO₂ demonstraram redução na FIRa durante este período (Tabela 3).

Tabela 3 – Firmeza obtida pela técnica de aplanção em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. Resultados expressos em Newton

Tempo (dia)	Concentrações de CO ₂					dms
	0,03%	10%	20%	40%	80%	
0	0,59 Aa	0,59 ABa	0,59Aa	0,59Aa	0,59ABa	0,20
2	0,58 Aa	0,68 ABa	0,63Aa	0,69Aa	0,65ABa	0,20
4	0,59Aa	0,76 Aa	0,66Aa	0,77Aa	0,78Aa	0,20
6		0,56 Bb	0,64Aab	0,78Aa	0,52 Bb	0,19
8			0,65Aa	0,76Aa		0,14
dms	0,17	0,19	0,20	0,20	0,19	

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Calegario; Pezzi; Bender, (2002) também observaram que morangos 'Oso Grande' quando armazenados ao ambiente, apresentam maior deformação da polpa que os armazenados em atmosfera modificada (3 kPa O₂ + 10 kPa CO₂ e 5 kPa O₂ + 15 kPa CO₂), ressaltando que essas composições auxiliaram na manutenção da firmeza.

Os resultados da firmeza, obtidos pelo penetrômetro (FIR), dão indícios da coesão das moléculas que constituem a parede celular. Segundo Chitarra e Chitarra (2005) a perda de firmeza ocorre, usualmente, pelas modificações na estrutura das paredes celulares, através da decomposição de protopectinas, celulose, hemicelulose e amido, assim diminuindo a força coesiva que mantém as células unidas.

Os morangos armazenados na atmosfera com 80 % de CO₂ apresentaram a menor firmeza medida pelo penetrometro, 5,87 N, enquanto as médias dos demais tratamentos não diferiram entre si. Foi observado uma tendência de redução nos valores desta variável durante o armazenamento (Tabela 2). Brackman *et.al.* (2001) estudando morango 'Oso Grande', e Gil; Holcroft; Kader (1997) ao estudarem morangos da cv Selva armazenados em ambiente, também observaram redução neste parâmetro, ao longo do armazenamento.

A perda progressiva da firmeza ou o amaciamento da polpa ocorre como consequência natural do amadurecimento e compreende um processo complexo de diferentes mecanismos fisiológicos, como perda do turgor celular, ação enzimática e transformações dos compostos de paredes, entre outros mecanismos (KADER, 1992). Os morangos armazenados com 80 % de CO₂ demonstraram indícios de desarranjos fisiológicos, o que provavelmente proporcionou uma redução de turgor e da firmeza dos frutos.

Na figura 6 pode-se observar uma redução gradativa na firmeza dos morangos ao longo do tempo, em todas as concentrações estudadas, cujas maiores intensidades foram observadas nas atmosferas com 0,03 % e 80 % de CO₂. Gil; Holcroft; Kader (1997), que estudaram morangos 'Selva', também não encontraram diferenças significativas entre os tratamentos com 10 %, 20 % e 40 % de CO₂.

Figura 6 - Evolução da firmeza por penetrômetro (FIR), em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Holcroft e Kader (1999) relataram que atmosfera enriquecida com 20 % de CO₂, a 5 °C, conservou a firmeza da polpa de morangos 'Selva' por 10 dias com valor próximo ao da colheita, o que também foi observado por Larsen e Watkins (1995b) em morangos cv. Pajaro, armazenados a 0 °C em atmosfera com 20 % de CO₂, após 12 dias de armazenamento.

Os resultados de coloração indicam que há uma tendência de aumento nos valores da luminosidade e do ângulo de cor, com a manutenção da cromaticidade durante o armazenamento. Os morangos armazenados com 20 e 40 % de CO₂ foram os que levaram à melhor manutenção das variáveis que compõe a cor (Tabela 4).

O enriquecimento da atmosfera com CO₂ teve uma moderada ação sobre o comportamento fisiológico que rege a coloração externa dos morangos, pois as diferenças estatísticas observadas são visualmente imperceptíveis. Brackmann *et.al.* (2001) relataram resultados semelhantes, onde atmosferas enriquecidas com CO₂ mostraram efeitos significativamente diferentes em morangos armazenados a 20 °C, mas com pequenas e visualmente inexpressivas diferenças na cor.

Tabela 4 - Luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Concentrações de CO ₂ (C)	Luminosidade	Cromaticidade	Ângulo de Cor
0,03%	36,97 BC	32,17AB	29,79AB
10%	36,61 C	32,76A	30,28A
20%	37,64AB	30,39 BC	30,31A
40%	38,50A	31,46AB	30,86A
80%	36,80 BC	28,65 C	27,99 B
Teste F	107,72**	415,28**	206,08**
dms (5%)	0,99	1,85	2,1
Tempo de armazenamento (Dias)			
0	37,22 B	31,42A	29,32 BC
2	39,02A	30,94A	30,79AB
4	37,01 B	30,93A	30,00 BC
6	35,18 C	31,25A	28,28 C
8	39,11 A	29,92A	32,30A
Teste F	395,59**	35,27 ^{ns}	278,49**
dms (5%)	1,03	1,93	2,2
Interação C x Dias	67,97**	215,14**	140,03**
CV (%)	8,72	19,63	23,13

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, nas colunas e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ** = significativo a 1% de probabilidade

Os morangos armazenados a 80 % de CO₂ reduziram sua cromaticidade durante o armazenamento (Tabela 5), a qual pode estar relacionada com o efeito do CO₂ nas reações relativas a antocianina

Tabela 5 - Cromaticidade de morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Tempo (dia)	Concentrações de CO ₂					dms (5%)
	0,03 %	10 %	20 %	40 %	80 %	
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	-	-	28,48Ab	31,36Aa	-	2,67
dms (5%)	3,19	3,51	3,72	3,72	3,51	

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os frutos armazenados nas atmosferas com 0,03 e 10 % CO₂ apresentaram leve escurecimento, com o avanço da senescência. Os morangos acondicionados com 80 % CO₂, também apresentaram este efeito, porém com velocidade maior na perda do brilho (Figura 7). Os morangos acondicionados nas atmosferas com 20 % e 40 % de CO₂ mantiveram o brilho, como pode ser notado na pequena variação na luminosidade (Figura 7).

Figura 7 - Variação na luminosidade de morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO_2 , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Holcroft e Kader (1999) ao armazenarem morangos 'Selva' em atmosferas com 10 % e 20 % CO_2 e Pelayo; Ebeler; Kader (2003) trabalhando com morangos 'Diamante' e 'Selva' com atmosfera enriquecida 20 % de CO_2 , não observaram diferenças na luminosidade, o que vão ao encontro dos resultados obtidos neste experimento.

Os morangos sob atmosfera com até 20 % de CO_2 não mostraram diferenças no ângulo de cor durante o período de armazenamento, enquanto os frutos armazenados sob atmosfera com 40 % e 80 % de CO_2 escureceram passando de 26,32° para 22,98°, ou seja, de vermelho vivo para vermelho escuro (Tabela 6). Holcroft e Kader (1999) e Pelayo; Ebeler; Kader (2003) também observaram resultados semelhantes em morangos 'Selva' a 5 °C, neste trabalho os frutos controle e os armazenados em atmosfera enriquecida com 10 % e 20 % de CO_2 não apresentaram redução no valor do ângulo de cor.

Tabela 6 - Ângulo de cor de morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO_2 , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Tempo (dia)	Concentrações de CO_2					dms (5%)
	0,03 %	10 %	20 %	40 %	80 %	
0	29,32Aa	29,32Aa	29,32A a	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 comum, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Os resultados obtidos com as atmosferas contendo 20 e 40 % de CO₂ são semelhantes aos relatados por Gil; Holcroft; Kader (1997). Estes mesmos autores relataram que frutos armazenados em atmosferas com 40 % de CO₂ reduziram o ângulo de cor. Li e Kader (1989) relataram que morangos armazenados sob atmosferas com 10 % e 20 % de CO₂, retardam o desenvolvimento da cor.

Os morangos apresentaram teores médios de sólidos solúveis de 7,20 °Brix, semelhante ao encontrado por Brackmann *et.al.* (2001) e Pelayo; Ebeler; Kader (2003), os quais não foram influenciados pelas diferentes concentrações de CO₂ na atmosfera de armazenamento (Tabela7).

Tabela 7 - Teores de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e ácido ascórbico (AA), em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Concentrações de CO ₂ (C)	SS (°Brix)	AT (g ac. cítrico.100g ⁻¹)	AA (mg ác. ascórbico.100g ⁻¹)
0,03%	7,21A	0,84A	42,17 A
10%	7,26A	0,81AB	40,89 A
20%	7,25A	0,85A	37,56 B
40%	7,16A	0,83A	36,44 B
80%	7,10 A	0,77 B	35,53 B
Teste F	0,07 ^{ns}	0,01**	122,28 **
dms (5%)	0,34	0,04	3,24
Tempo de armazenamento (dia)			
0	7,03 A	0,79 B	43,35A
2	7,23 A	0,85A	39,86A
4	7,34 A	0,84A	39,11A
6	7,14 A	0,79 B	34,56 B
8	7,24 A	0,85A	33,70 B
Teste F	2,10 ^{ns}	0,02**	234,68**
dms (5%)	0,36	0,04	3,39
Interação C x Dia	0,05 ^{ns}	0,003 ^{ns}	32,44 ^{ns}
CV (%)	4,82	5,11	8,60

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, nas colunas e para cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

** = significativo a 1% de probabilidade; * = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} = não significativo

Quando Holcroft e Kader (1999) armazenaram morangos 'Selva' em atmosferas com 10 % e 20 % de CO₂ observaram redução nos teores de sólidos solúveis ao longo do período de armazenamento, enquanto Gil; Holcroft; Kader (1997) não encontraram diferenças significativas nestes teores para a mesma cultivar, quando armazenados sob 10 %, 20 % e 40 % de CO₂.

Os teores de acidez titulável nos frutos armazenados foram afetados pela concentração de CO₂ na atmosfera, assim como o período de armazenamento (Tabela7). Os morangos submetidos à atmosfera controle (0,03 % de CO₂) apresentaram acidez mais alta, enquanto os frutos com 80

% de CO₂ apresentaram redução neste teor, e as demais atmosferas proporcionaram estabilidade nos teores de acidez titulável.

Em morangos 'Selva', Gil; Holcroft; Kader (1997) obtiveram resultados semelhantes, onde a atmosfera com 40 % de CO₂ levou à menor acidez. Esta cultivar de morango, quando armazenada em atmosfera enriquecida com 10 % ou 20 % de CO₂, Holcroft e Kader (1999) observaram redução nos teores de acidez ao longo do armazenamento. Os resultados obtidos neste trabalho indicam que os morangos da cv. Oso Grande se mostraram mais sensíveis às atmosferas com mais de 40 % de CO₂.

O aumento na concentração de CO₂ na atmosfera de armazenamento levou à redução mais intensa no teor de ácido ascórbico (Figura 8)

Figura 8 - Variação no teor de ácido ascórbico (AA) de morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de CO₂, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Os teores de ácido ascórbico se reduziram com o aumento da porcentagem de CO₂ nas atmosferas de armazenamento, assim como com o tempo de armazenamento, passando de 43,35 para 33,70 mg de ácido ascórbico 100 g⁻¹, após oito dias.

Resultado semelhante também foi observado por Agar; Streif; Bangerth (1997) ao utilizarem atmosfera com 10 % a 30 % CO₂, no armazenamento de morangos. Estes autores também relataram que os teores de ácido ascórbico foram menores que os de ácido dehidroascórbico, indicando que as altas concentrações de CO₂ estimularam a oxidação do ácido ascórbico.

Mehlhorn (1990) demonstrou que houve aumento na atividade da ascorbato peroxidase em resposta ao etileno, indicando a possibilidade de que atmosferas com elevadas concentrações de dióxido de carbono podem reduzir o teor de ácido ascórbico do produto, enquanto Agar; Streif; Bangerth (1997) relataram que esta redução é efeito da oxidação irreversível do ácido ascórbico para o ácido 2,3 diceto-glucónico.

Outra alternativa para explicar esta redução seria a inibição, por alto CO₂, das enzimas monodehidro- e/ou dehidroascorbato-redutase e da disponibilidade de glutadiona, e dos doadores de elétrons NADP e NADPH, que levaria o aumento nos níveis de ácido dehidroascórbico e conseqüente redução nos de ácido ascórbico (HAUSLADEN E KUNERT, 1990).

2.4 Conclusões

Pode-se conservar morango da cultivar Oso Grande, quando armazenado a 10 °C sob atmosfera controlada com 20 % ou 40 % de CO₂, associadas com 20 % de O₂, conserva-se por até oito dias, com manutenção de sua característica de cor, firmeza e turgescência.

Atmosfera com 80 % de CO₂ leva a condição de anaerobiose acarretando na elevação nos níveis de acetaldeído e etanol.

Referência

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Washington: Ed. Patricia Canniff, 1997. v.2, cap.37, p.6, p.10-11; cap. 42, p.2-3.

AGAR, I.T.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 11, n. 1, p. 47-55, 1997.

ALMENAR, E.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; LAGARÓN, J.M.; CATALÁ, R.; GAVARA, R. Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v 54, p. 86-91. 2006.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; WACLAVOWSKY, A.J; DONAZZOLO, J. Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria Ananassa* L.) sob elevadas pressões parciais de CO₂. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.1, p.10-14, 2001.

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, v.6, p.733-739, 1989.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medição da firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.13, n. 1, p.733-739,1995.

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.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: FAEPE, 2005. 783p.

COUEY, H.M; WELLS, J.M. Low oxygen or high carbon dioxide atmospheres to control postharvest decay of strawberries. **Phytopathology**, Saint Paul, v.60, p. 47-49, 1970.

DIAS, M.S.C.; COSTA, H.; CANULO, R.S. Morango: Conquistando novas fronteiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.28, p. 64-77, 2007.

FENG, S.; GIAN, W.H. ; YANG, D.Q.; CAO, J S. ‘Baojiao’ strawberry storage life influenced by the treatments of carbon dioxide and sulfur dioxide. **Acta Agriculturae**, Universitatis Pekinensis , v.3, n. 19, p. 53-57, 1993.

FERNÁNDEZ-TRUJILLO, J.P.; NOCK, J.F.; WATKINS, C.B. Antioxidante enzyme activities in strawberry fruit exposed to high carbon dioxide atmosphere during cold storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, 104, p. 1425-1429, 2007.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In.. REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45^ª 2000. São Carlos. **Proceedings...**UFSCar, São Carlos, Jul.2000. p.255-258.

FLORES-CANTILLANO, E. **Estudio del efecto de lãs atmosferas modificadas durante el almacenamiento y comercialización de algunas frutas y hortalizas**. 1998. 267p. Teses (Doctoral) – Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, 1998.

FLORES-CANTILLANO, F. **Morango: pós-colheita**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil; 42).

FLORES-CANTILLANO, R.F. Colheita e pós-colehit. In: PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas. EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (EMBRAPA Clima Temperado. Sistema de produção, 5) Versão Eletrônica.

Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>>. Acesso em: 5 fev. 2008.

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

GIL, M.I.; HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal Agricultural Food Chemistry**. Washington, 45, p. 1662-1667, 1997.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 130p. (Agriculture Handbook, 66).

HAUSLADEN, A.; KUNERT, K.J. Effects of artificially enhanced levels of ascorbate and glutathione on the enzymes monodehydroascorbate reductase, dehydroascorbate reductase and glutathion reductase in spinach (*Spinacia oleracea*). **Physiolgia Plantarum**, Copenhagen , v.79, p. 384-388, 1990.

HENRIQUE, C.M.; CEREDA, M.P. Utilização de biofilmes na conservação pós-colheita de morango (*Fragaria Ananassa* Duch) cv IAC Campinas. **Revista Ciência e Tecnologia.de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p. 231-233. 1999.

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

HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Controlles atmosphere-induced changes em pH and organic acid metabolim may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, p.19-32, 1999.

KADER, A.A. **Postharvest technology of horticultural crops**. Oakland: University of California, 1992. 296p

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. **Food Technology**. Chicago, v.40, n.5, p. 99-100 ;p.102-104, 1986.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991, 532p.

KE, D.;EL-SHEIKH, T., MATEOS, M.;KADER, A.A. Anaerobic metabolism of strawberries under elevated CO₂ and reduced O₂ atmospheres. **Acta Horticulturae**, Davis, v. 343, p.93, 1993.

KE, D.Y.; GOLDSTEIN, L.; MAHONI, M.; KADER, A.A. Efects of short term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality atributes of strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 1, n.56, p. 50 - 54, 1991.

LARSEN, M.; WATKINS, C.B. Firmness and aroma composition of strawberries following short-term height carbon dioxide treatments. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 2, p. 303-305, 1995a.

LARSEN, M.; WATKINS, C.B. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 5, n. 1/2, p. 39-50, 1995 b.

LI, C.; KADER, A.A. Residual effects of controlled atmospheres on postharvest physiology and quality of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Chicago, v.114, n.4, p. 629-634, 1989.

MADAIL, J.C.M.A Economia do Morango. Embrapa Clima Temperado. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO MORANGO, 4., ;ENCONTRO DE PEQUENAS FRUTAS E FRUTAS NATIVAS DO MERCOSUL, 3., 2008. Pelotas. **Anais...** Pelotas:Embrapa Clima Temperado, 2008.1 CD_ROM.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO FLORES, R.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

MEHLHORN, H. Ethylene-promoted ascorbate peroxidase activity protects plants against hydrogen peroxide, ozone and paraquat. **Plant Cell Environment**, Oxford, v.13, n. 9, p.971-976, 1990.

MITCHELL, F.G. Postharvest handling system: small fruits (table grapes, strawberries, kiwi-fruit). 2nd ed. In: KARDER, A.A. (Ed.). **Postharvest Technology of horticultural crops**. Univ. of California Publ. 1992. p. 223-231.

NUNES, M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.127, v. 5, p. 856-842, 2002.

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 Technolchnology**, Amsterdan, v. 27, p.171-183, 2003.

RONQUE, E.R.V. **Cultura do morangueiro**: revisão e prática. Curitiba: EMATER- Paraná, 1998. 206p.

ROSEN, J.C.; KADER, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 3, n.54, p. 656-659, 1989.

SHAMAILA, M.M.; POWRIE, W.D.; SKURA, B.J. Sensory evaluation of strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. **Journal of Food Science**, British Columbia, Canadá, v. 57, n. 5, p.1168-1172, 1992.

SILVA, C.S. **Qualidade e conservação do morango tratado em pós-colheita com cloreto de cálcio e do armazenamento em atmosfera modificada ativa**. 2004. 96p. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 2004.

STROHECKER, R.L.; HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

VAN DER STEEN, C.; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Combining high oxygenatmospheres 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.

WATKINS, C.B.; MANZANO, M.J.E.; NOCK, J.F.; ZHANG, J.J.; MALONEY, K.E.; ZHANG, J.Z. Cultivar variation in response os strawberry fruit to high carbon dioxide treatments. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, New York, v.79, n.6, p.886-890, 1999.

WELLS, J.M.; COTA, M. Germination and growth of five fungi in lowoxygen and high-carbon dioxide atmospheres. **Phytopathology**, Saint Paul, v.60, p.50-53, 1970.

ZALDIVAR, C.P.; 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**, Alexandria, v. 42, n.2, p.299-303, 2007.

ZHANG, J.Z.J.; WATKINS, C.B. Fruit quality, fermentation products, and activities of associated enzymes during elevated CO₂ treatment of strawberry fruit at high and low temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.130, n.1, p.124-130, 2005.

3 DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO NA VIDA ÚTIL DE MORANGOS CV. OSO GRANDE

Resumo

Estudos têm demonstrado que atmosferas com altos níveis de O_2 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 O_2 . Os morangos foram selecionados, resfriados e armazenados a 10 °C, em mini-câmaras herméticas. Aplicou-se diferentes concentrações de O_2 em fluxo contínuo, 150 mL min^{-1} , usando-se um fluxcentro. Foram testadas cinco concentrações de O_2 (1 %, 3 %, 20 %, 60 % e 90 %) e os frutos foram avaliados por 10 dias. As menores incidências de podridões foram observadas com 90 % O_2 (2,9 %) e com 60 % O_2 (6,4 %), assim como as melhores notas de aparência. Os demais tratamentos apresentaram 16,2 % a 20,8 % de frutos com podridões. A atividade respiratória dos frutos armazenados sob 1 % e 3 % O_2 foi de 11,3 e 15,3 mL $CO_2\ kg^{-1}h^{-1}$, respectivamente, enquanto nos demais tratamentos, os resultados não foram significativamente diferentes e com valores médios de 21,8 $CO_2\ mL\ kg^{-1}h^{-1}$. Os teores de acetaldeído e etanol não aumentaram significativamente, durante o armazenamento. A perda de massa fresca pelos morangos foi inferior a 1 %. A firmeza da polpa reduziu-se de 8,8 N para 7,3 N, mas não sofreu influência das composições gasosas. Os morangos submetidos a 90 % de O_2 não alteraram seus teores de acidez titulável e de ácido ascórbico durante o armazenamento, apesar de apresentarem diferenças na coloração externa (luminosidade, cromaticidade e ângulo de cor), que se mostrou visualmente imperceptível. Morangos 'Oso Grande' armazenados a 10 °C sob atmosfera controlada com 60 % e 90 % de O_2 mantiveram características comerciais por 10 dias com menor incidência de doença, quando comparados com os demais tratamentos.

Palavras-chave: Atmosfera controlada; Morangos; Controle do oxigênio; Pós-Colheita *Fragaria x ananassa*.

Abstract

Studies have shown that atmospheres with high levels of O_2 can maintain the quality of vegetables and slow the growth of microorganisms. The aim of this work was to evaluate the quality of strawberry 'Oso Grande' under controlled atmosphere with different concentrations of O_2 . The strawberries were selected, cooled and stored to 10 °C, in air tight chambers. In the treatments were applied different concentrations of O_2 in continuous flow of 150 ml/min-1 by of a flowboard. Five concentration of O_2 were tested (1 %, 3 %, 20 %, 60 % and 90 %) and the fruits were evaluated for 10 days. The smallest rotting incidences were observed with 90 % O_2 (2,9 %) and with 60 % O_2 (6,4 %) as well as better levels of appearance. The rest of treatments presented 16,2 % to 20,8 % of rotting fruit. The respiratory activity of fruit stored under 1 % and 3 % O_2 was 11,3 and 15,3 mL $CO_2\ kg^{-1}h^{-1}$, respectively, while in the other treatments the results were not significantly different, and with average values of 21,8 $CO_2\ mL\ kg^{-1}h^{-1}$. The acetaldehyde and ethanol contents have not increased significantly during the storage. The loss of fresh mass by strawberries was less than 1 %. The firmness of pulp reduced of 8,8 N to 7,3 N but it did not suffer influences of compositions atmosphere. The strawberries subjected to 90 % O_2 not altered their titratable acidity and ascorbic acid contents during the storage, although present differences in external color (luminosity, chromaticity and hue), which showed to be visually

perceptible. Strawberries 'Oso Grande' stored at 10 °C under controlled atmosphere with 60 % and 90 % O₂ maintained commercial characteristics for 10 days with less disease rate when compared with the rest treatments.

Keywords: Controlled atmosphere; Strawberries; Control of oxygen; Postharvest, *Fragaria x ananassa*

3.1 Introdução

O morango tem uma curta vida de prateleira, devido à sua elevada atividade metabólica e a susceptibilidade a doenças, principalmente as causadas por fungos (BROWNE; GEESON; DENNIS, 1984; MALGARIM; CANTILLANO; COUTINHO, 2006).

O uso de baixa concentração de O₂ (1-5 %) e altas concentrações de CO₂ (10-20 %), em combinação com a refrigeração, tem sido proposto por muitos pesquisadores, como a condição de armazenamento ideal para algumas hortaliças e frutas (VAN DER STEEN et al., 2002). Segundo Kluge et al. (2001), níveis demasiadamente baixos de O₂ levam os frutos a respirarem anaerobicamente, resultando em formação de acetaldeído e etanol, e assim modificando o sabor e escurecendo os tecidos dos frutos.

Chitarra e Chitarra (2005) relataram que morangos submetidos a atmosfera modificada com 10 % de O₂ e 20 % de CO₂ associado a temperaturas de 0-5 °C, conservam-se por até 10 dias. Calegaro; Pezzi; Bender (2002) também verificaram que a utilização atmosfera modificada ativa com concentrações iniciais de 3 % O₂ + 10 % CO₂ ou 5 % O₂ + 15 % CO₂, na conservação de morangos cv. Oso Grande armazenados a 0 °C, implicou em manutenção da firmeza, da coloração e dos teores de açúcares totais e de ácido ascórbico.

Baixas concentrações de O₂, com ou sem combinações com altas concentrações de CO₂, também podem levar a efeitos benéficos na vida pós-colheita de morangos, com redução de deterioração e de podridões, aumentando o período de conservação do fruto (KE et.al., 1991; CORDENUNSI; NASCIMENTO; LAJOLO, 2003; FLORES-CANTILLANO, 2003).

Holcroft e Kader (1999) observaram que morangos 'Selva', quando armazenados em atmosfera com 2 % e 0,5 % de O₂ a 5 °C, tiveram o amolecimento e a senescência retardados, quando comparados com frutos armazenados sob 20 % de O₂. Esses mesmos autores relataram também, que atmosferas com 2 % e 20 % de O₂ conservaram os frutos de maneira semelhante quanto a cor, a concentração de antocianinas e o metabolismo dos ácidos orgânicos.

Trabalhos com altas concentrações de oxigênio têm indicado a sua possibilidade na utilização para a conservação de produtos vegetais (KADER E BEN-YEHOSHUA, 2000, ESCALONA et al., 2006). A utilização de gases ou misturas de gases não convencionais com alta concentração de oxigênio, assim como do argônio e óxido nitroso em embalagens com atmosfera modificada ativa, para a conservação de produtos minimamente processados foi discutido por Day (1996). Ele relata que níveis elevados de O₂ podem inibir as enzimas que favorecem a descoloração dos vegetais, impedir as reações da respiração anaeróbica e reduzir o crescimento microbiano.

Concentrações de oxigênio superiores a 21 % podem influenciar na fisiologia pós-colheita e na manutenção da qualidade de produtos hortícolas frescos, diretamente ou indiretamente, através de alterações na produção de CO₂ e de C₂H₄. O limite do teor de O₂ na atmosfera de conservação pode variar, entre espécies e dentro da mesma espécie dependendo do seu estágio de desenvolvimento (KADER E BEN-YEHOSHUA, 2000).

Morangos acondicionados em atmosfera com 40 %, 90 % e 100 % de O₂, apresentaram baixa ocorrência de doenças, após 14 dias a 5 °C (WSZELAKI E MITCHAM, 2000). Morango da cv. Chandler quando armazenados em atmosfera com 100 % de O₂, manteve-se comercializável por 14 dias, e que concentrações acima de 20 % de O₂ (40 %, 50 %, 80 % e 100 %) levaram à menor produção de compostos voláteis que nos frutos em ambiente com 20 % de O₂ (AYALA-ZAVALA et al., 2007)

Zheng et al. (2007) demonstraram que morango da cv. Allstar, armazenados a 5 °C em ambiente com 21 % (controle), 40 %, 60 %, 80 % e 100 % de O₂ tiveram redução na incidência de doenças com o aumento na concentração de O₂, 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 O₂, Zheng; Yang; Chen (2008) reafirmaram a observação anteriormente, ou seja, as mesmas reduziram a incidência de doenças e sem alterar a coloração medida objetivamente, (luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade). Os frutos submetidos à concentração de 40 % de O₂ apresentaram maiores teores de sólidos solúveis que os acondicionados com 60 % de O₂.

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

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Material vegetal

Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos em cultivo comercial no município de Valinhos, São Paulo (Latitude 22° 58' Sul e Longitude 16° 59' Oeste), nas primeiras horas do dia, com 50-75 % da superfície de cor vermelho-brilhante (FLORES-CANTILLANO, 2005). Após a colheita 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, distando cerca de 90 km do local de produção.

No laboratório, os morangos foram criteriosamente selecionados, com retirada dos frutos doentes, com ferimentos ou com 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.

3.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera

Os morangos selecionados e pré-refrigerados foram armazenados em mini-câmaras herméticas, constituídas por caixas plásticas translúcidas de 8,6 L (Sanremo® 960), com capacidade de acondicionamento de aproximadamente 1,2 kg de morango em camada única.

Estas mini-câmaras, com os morangos, foram dispostas em estantes no interior de câmara refrigerada a 10 ± 1 °C e 95 ± 2 % UR. As misturas gasosas foram umidificadas e injetadas na parte inferior da mini-câmara (entrada), com saída na parte superior e oposta à entrada.

Neste experimento testaram-se cinco misturas gasosas ou 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 circularam pelas mini-câmaras em fluxo contínuo de 150 mL min⁻¹, balanceadas com oxigênio (O₂) e nitrogênio (N₂), fornecidos por cilindros individuais, do tipo K, com 99,99 % de pureza, adquiridos na empresa White Martins. O tratamento com 20 % de O₂ foi estabelecido usando-se um compressor de ar odontológico (Schulz modelo MSV 6/30 L, São

Paulo, Brasil). As composições atmosféricas foram aferidas diariamente, usando-se um analisador de gases da marca Dansensor, modelo Checkmate 9001.

O equipamento utilizado para estabelecer e controlar a atmosfera foi o fluxcentro (“Flowboard”) descrito por Calbo (1989), com modificação no regulador de pressão. Calbo (1989) utilizava como regulador de pressão um barostato, onde ocorria o borbulhamento dos gases em seu interior, com conseqüente perda dos mesmos para a atmosfera e elevado consumo destes gases. No lugar do barostato foi utilizada uma válvula diferencial adaptada a partir das válvulas utilizadas em botijão de gás GLP doméstico, o que permitiu regular a pressão do equipamento sem perda de gás.

As misturas gasosas (ar comprimido, O₂ e N₂) em linhas individuais, foram umidificadas pela passagem por recipiente de vidro (9 L) contendo água destilada. Após serem umidificadas as misturas entravam no fluxcentro, onde cada linha de gás passava por um controlador de pressão, permitindo controlar e manter a pressão do fluxo em 60 cm de coluna de água.

Os fluxos desejados foram obtidos com o uso de capilares flexíveis de cobre, cujos diâmetros foram ajustados por prensagem em morsa mecânica. O fluxo de cada capilar foi aferido usando-se bolhômetro padrão de 50 mL, em vidro graduado.

Os fluxos ajustados de cada gás seguiam para os misturadores constituídos de duas conexões “T”, em que na primeira se realizava a pré-mistura de dois gases e na segunda ocorria a mistura do terceiro gás. Estas misturas foram aplicadas nas mini-câmaras de armazenamento com os morangos.

3.2.3 Atividade respiratória, produção de etileno, produção de etanol e acetaldeído.

Atividade Respiratória — A determinação da atividade respiratória foi feita utilizando-se 4 repetições, sendo considerado como repetição uma mini-câmara com aproximadamente 1,2 kg de morango, e a cada dois dias determinou-se a produção de CO₂, pelo sistema aberto. Foram coletadas amostras de 1,0 mL de gás na entrada e na saída da mini-câmara utilizando-se seringa modelo Gastight, marca Hamilton de 2,5 mL. Elas foram analisadas em cromatógrafo a gás (Thermofinnigan, 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 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 CO₂ foi calculada através da equação descrita por Kays (1991):

$$\text{Respiração (mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \frac{(\text{ppmCO}_2\text{-saída} - \text{ppmCO}_2\text{-entrada}) \times [\text{Fluxo (mL min}^{-1}) \times 60] \times 10^{-6}}{\text{Massa de morango (Kg)}}$$

Teores de Acetaldeído e Etanol — As amostras de 1 g de polpa triturada foram seladas em frascos de 40 mL, os quais foram lacrados e mantidos em congelador 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, que 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 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.

3.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas

Perda de Massa Fresca Acumulada — calculada em função da variação da massa dos frutos nas diferentes amostragens, por meio de pesagem em balança semi-analítica marca Tecnal, classe II, com precisão de 0,01 grama, sendo expressa em porcentagem.

Firmeza (FIR) — foi determinada com penetrômetro digital marca Tr-Turoni, Sammar 53200, diretamente na lateral dos frutos, e os resultados expressos em Newton (N).

Coloração Externa — foi determinada, nos dois lados de cada fruto, usando-se colorímetro Minolta, modelo CR-300, e os resultados expressos em luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade, de acordo com McGuirre (1992).

3.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas

Teor de Acidez Titulável — foi doseada em 10 g de material previamente triturado e homogeneizado em 50 mL de água destilada, através de titulação com NaOH a 0,1 M padronizada, tendo-se como ponto de viragem o pH = 8,2. Os resultados foram expressos pelo equivalente em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de amostra (met. 942.15 da AOAC, 1997).

Teor de Sólidos Solúveis — estes teores foram determinados em gotas obtidas do material triturado, medido em refratômetro digital marca Atago, modelo Pallete – 101, com os resultados expressos em °Brix (met. 932.12 da AOAC, 1997).

Teor de Ácido Ascórbico — foi determinado pelo método de Tillman (STROHECKER e HENNING, 1967). Os resultados foram expressos pelo equivalente em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra.

3.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência

Índice de Doença — foram avaliados visualmente 110 frutos por tratamento, e considerados doentes todos aqueles que apresentavam lesões características, com dimensão de 25 mm². Os resultados foram expressos em porcentagem.

Aparência – avaliada segundo uma escala de notas, onde: 3 = ótimo (sem sintomas de doença; túrgido; cor característica); 2 = bom (sem sintomas de doença; sem turgidez ou sem cor característica); 1 = ruim (sem sintomas de doença; sem turgidez e sem cor característica); e 0 = péssimo (com sintomas de doença). A nota 1 foi considerada a nota descarte, ou seja, quando os frutos estariam impróprios para a comercialização.

3.2.7 Delineamento e análises estatísticas

Os morangos foram armazenados a 10° C sob diferentes atmosferas controladas, por 10 dias e a cada dois dias foram avaliados. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado

(DIC), em esquema fatorial 6 x 5. Os fatores foram constituídos pelo período de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) e pelas atmosferas (1 %, 3 %, 20 %, 60 %, 90 % de O₂).

Para as variáveis de qualidade química (teores de acidez titulável, ácido ascórbico e sólidos solúveis) 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 cada repetição um morango.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. As variáveis que apresentaram interação entre os fatores estudados foram submetidas à análise de dados longitudinais (regressão polinomial), devido ao caráter quantitativo imposto pelo fator tempo avaliado. Para os teores de acetaldéido e de etanol, e para a taxa respiratória, as diferenças foram consideradas significativas quando as diferenças entre as médias de dois tratamentos foi maior que a soma de dois erros padrões (SHAMAILA; POWRIE; SKURA, 1992). Os dados foram analisados através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

3.3 Resultados e Discussão

A atmosfera com maior porcentagem de O₂ apresentou melhor manutenção da qualidade dos frutos, o que é constatado pelas notas superiores de aparência (Figura 1). O tratamento com 90 % de O₂ proporcionou aos morangos uma aparência entre ótima e boa, seguido pelos frutos acondicionado com 60 % de O₂, com qualidade visual boa, no décimo dia de armazenamento.

Figura 1 - Aparência de morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. Aparência: 3 = ótimo; 2 = bom; 1 = ruim; e 0 = péssimo

A ocorrência de doenças foi significativamente influenciada pelas concentrações de O₂ na atmosfera de armazenamento, sendo que as concentrações mais elevadas desfavoreceram o desenvolvimento de podridões (Tabela 1). As maiores porcentagens foram observadas nos frutos dos tratamentos com 20 %, 3 % e 1 % de O₂, respectivamente, que apresentaram sintomas no sexto dia de armazenamento. Os morangos submetidos a 90 % O₂ desenvolveram podridões em apenas 2,7 % dos frutos, e os submetidos a 60 % O₂ apresentaram podridão em 6,4 % dos frutos, no final do armazenamento.

Zheng; Yang; Chen, (2008) relataram resultados semelhantes quando armazenaram morangos em atmosferas com 60 %, 80 % e 100 % de O₂, a 5 °C, que 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, mas com menor intensidade que o tratamento com 20 % de O₂ (HOLCROFT E KADER, 1999).

Tabela 1 - Ocorrência de doenças, expressa em porcentagem, em morango 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂, em armazenamento a 10 °C e 98 % UR

Tempo (dia)	Concentrações de O ₂				
	1 %	3 %	20 %	60 %	90 %
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	6,4	6,4	10,0	0,0	0,0
8	8,2	16,3	12,7	2,7	2,7
10	16,3	19,1	20,9	6,4	2,7

Obs: As porcentagens foram calculadas pela relação entre o número de frutos com podridões e o número total de frutos avaliados (n=110).

Os morangos submetidos às atmosferas com baixo teor de oxigênio (1 % e 3 %) apresentaram leve diminuição na incidência de doenças em relação aos frutos em atmosfera com 20 % de O₂. Estes resultados indicam que atmosferas com baixa concentração de oxigênio não proporcionam benefícios significativos à conservação da qualidade visual de morangos, quando comparados ao obtido com uso de altas concentrações de oxigênio (90 % e 60 %).

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 as concentrações superiores a 40 % são tóxicas para os microrganismos

fitopatogênicos, devido ao potencial de oxidação do oxigênio e consequente oxidação de determinadas enzimas, ricas em grupos sulfidríla e pontes dissulfeto, somada aos efeitos das espécies reativas de oxigênio formadas nestas condições de armazenamento (FRIDOVITCH, 1975, AYALA-ZAVALA et al., 2007).

Outra explicação é que a atmosfera com alta concentração de oxigênio induz o mecanismo de defesa do vegetal, aumentando sua resistência a doenças (ZHENG; YANG; CHEN, 2008), como acontece com a resistência induzida para *Alternaria alternata* em manga submetida a tratamento com dióxido de carbono (PRUSKY, 1993). Neste trabalho também observou-se que morangos armazenados em atmosferas com alta concentração de oxigênio, diminuíram a incidência de doenças e aumentaram a conservação da qualidade pós-colheita dos morangos, o que não foi observado em morangos armazenados sob baixas concentrações de oxigênio.

Os morangos tratados com 60 % e 90 % de O₂ apresentaram taxa respiratória de 21,8 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 21,2 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente e não deferiram daqueles tratados com 20 % de O₂ (Figura 2).

Figura 2 - Atividade respiratória em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂, em armazenamento a 10 °C e 98 % UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4)

Nos primeiros três dias de armazenamento os frutos acondicionados em ambiente com 1 % de O₂ reduziram a taxa respiratória de 21,8 para 10,83 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e manteve-se estável até o final do experimento. O tratamento com 3 % de O₂ proporcionou aos morangos atividade

respiratória pouco maior, estabilizando-se no terceiro dia de armazenamento em $15,1 \text{ mL CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Figura 2).

A redução do teor 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 E CHITARRA, 2005).

As respostas metabólicas dos vegetais acondicionados em altas concentrações de oxigênio são questionáveis, pois ainda há poucos estudos e os mesmos apresentam diversidade nos resultados. Escalona et.al. (2006) não encontraram diferenças na produção de CO_2 em alface minimamente processada e armazenada sob atmosferas com 75 % e 20 % de O_2 , a 1°C . Claypool e Allen (1948), estudando atmosferas com 30 %, 50 %, 75 % e 100 % de O_2 não encontraram efeito sobre a respiração de cerejas e damascos.

Wszelaki e Mitcham (2000) estudaram o armazenamento de morango 'Camarosa' a 5°C , sob atmosferas com 40 %, 60 %, 80 %, 90 % e 100 % de O_2 , e observaram que essas condições reduziram suas taxas respiratórias nos três primeiros dias. Após este período passaram a respirar com maior intensidade e ao final do período apresentavam taxas respiratórias maiores que a dos frutos do controle (20% de O_2). Estes autores também relataram que atmosferas com alta concentração de O_2 causam estresse ao morango 'Camarosa'.

As taxas respiratórias encontradas neste trabalho indicam que morangos 'Oso Grande' toleram atmosferas com altos níveis de oxigênio. Sabendo-se que o limite ao teor de O_2 pode variar com as espécies e o estágio de desenvolvimento (KADER E BEN-YEHOSUA, 2000), o que pode explicar as diferenças entre os resultados obtidos quando comparado com os relatados na literatura.

Há indicação de que atmosferas com elevados teores de O_2 podem afetar a síntese e o acúmulo de alguns compostos voláteis associados com o metabolismo respiratório, incluindo metabólicos fermentativos como o acetaldeído, o etanol e o acetato de etila (SOLOMOS; WHITAKER; LU, 1997; WHITAKER; SOLOMOS; HARRISON, 1998).

As concentrações de acetaldeído e de etanol apresentaram aumento depois do quarto do dia de armazenamento, com os morangos armazenados com 1 % e 3 % de O_2 apresentando as maiores concentrações no final do período (Figura 3).

Figura 3 - Produção de etanol (A) e acetaldeído (B) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4)

Os morangos acondicionados com 60 % e 90 % de O₂ apresentaram variação no aumento de produção do acetaldeído e do etanol e com elevação semelhante aos frutos armazenados com 20 % de O₂. Não se observaram as vantagens teoricamente atribuídas às atmosferas com alto oxigênio, ou seja, de evitar a formação desses compostos. Especula-se que esta vantagem possibilitaria associação entre altas concentrações de O₂ e de CO₂, o que somaria os benefícios

dos dois gases, proporcionando maior tempo de conservação, sem o processo fermentativo (KE; ZHOU; KADER, 1994; PÉREZ E SANZ, 2001).

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 3). Estas concentrações não causaram odor desagradável aos frutos.

O acúmulo de acetaldeído, etanol e acetato de etila são originários 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 (KE et al., 1991; SHAMAILA; POWRIE; SKURA, 1992; PÉREZ et.al., 1996). O fato das atmosferas com baixas concentrações de O₂ neste experimento, não apresentarem odores desagradáveis, pode ter sido ocasionada pela ausência de CO₂ no ambiente de armazenamento.

O fluxcentro utilizado neste ensaio permitiu controlar a umidade relativa (UR) das misturas que foram injetadas nas mini-câmaras com 95 %, favorecendo a manutenção da massa fresca. Não se observou diferenças entre os tratamentos, mas apenas pequena redução na massa fresca dos frutos ao longo do armazenamento.

A perda acumulada de massa fresca pelos morangos ‘Oso Grande’ foram inferiores a 0,5 %, demonstrando a eficiência da técnica usada (Figura 4). Têm-se indicado que o morango só perde seu valor comercial com perda de massa fresca superior a 6% (GARCÍA; MEDINA; OLÍAS, 1998).

Figura 4 - Variação da perda acumulada de massa fresca, em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Também não se observou diferenças significativas entre os tratamentos para a variável firmeza, mas com redução linear ao longo do período de armazenamento, o que segundo Chitarra e Chitarra (2005) é devido a mudanças nas estruturas de parede celular, com decomposição de pectinas e celulose, promovendo diminuição nas forças de coesão entre as células. No início, os frutos apresentavam aproximadamente 9 N e no final do armazenamento com 7,5 N (Figura 5).

Figura 5 - Variação da firmeza em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Os resultados obtidos neste trabalho vão ao encontro dos de Larsen e Watkins (1995), que ao armazenarem morangos em atmosfera com 2 % de O₂ ou ar atmosférico (21 % O₂), por 14 dias a 0 °C, não encontraram diferenças entre estes tratamentos, quanto a firmeza. Wszelaki e Mitcham (2000) estudando morangos 'Camarosa' armazenados a 5 °C e sob atmosferas com 40 %, 60 %, 80 %, 90 % e 100 % de O₂, também não observaram diferenças significativas na firmeza, dos frutos submetidos aos diferentes tratamentos, após 14 dias de armazenamento.

As variáveis que compõem a coloração do morango apresentaram, durante o período de armazenamento, tendência de redução nos valores da luminosidade e do ângulo de cor, com leve aumento na cromaticidade (Figura 6). Os tratamentos tiveram o mesmo comportamento para a luminosidade, sendo que os morangos armazenados com 20 % de O₂ apresentaram a maior redução (Figura 6A).

O mesmo comportamento foi observado para ângulo de cor, com maior redução nos frutos armazenados com 20 % de O₂. Zheng; Yang; Chen, (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 de cor.

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. Os morangos acondicionados sob altas concentrações de oxigênio (60 % e 90 %) apresentaram aumento até o quarto dia, seguido de redução até final do período de armazenamento (Figura 6 C). Em morangos 'Selva' armazenados a 5°C, quando sob atmosfera controlada com 0,5 % de O₂ observou-se leve aumento na cromaticidade e pequena redução nos acondicionados com 2 % de O₂ e ao ar (HOLCROFT E KADER, 1999).

Figura 6 – Variação na luminosidade (A), ângulo de cor (B) e Cromaticidade (C) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Apesar dos parâmetros da coloração apresentarem diferenças entre os tratamentos, estas não foram notadas visualmente, cabendo ressaltar que os frutos acondicionados com 20 % de O₂ apresentavam menor brilho que os frutos dos demais tratamentos. Holcroft e Kader (1999) demonstraram que morangos da cv Selva sob atmosfera controlada nas concentrações do ar atmosférico (20 % O₂) apresentam a menor luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade no final do armazenamento (10 dias a 5 °C), quando comparados com as atmosferas de 20 % O₂ + 20 % CO₂; 2 % de O₂; 2 % O₂ + 20 % CO₂; 0,5 % O₂; e 0,5 % O₂ + 20 % CO₂.

Outros trabalhos também indicaram que alta concentração de oxigênio na atmosfera de armazenamento não provoca grandes alterações na coloração externa de morangos (PÉREZ E SANS, 2001; WSZELAKI E MITCHAM, 2001; ZHENG et.al., 2007), estes estudos corroboram com os resultados observados neste experimento.

Durante o período de armazenamento, o teor de sólidos solúveis dos morangos apresentou leve redução, com maior intensidade nos 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) (Figura 7).

Figura 7. - Variação no teor de sólidos solúveis (SS) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

A pequena redução no teor de sólidos solúveis encontrada nos frutos armazenados em atmosfera com baixo oxigênio neste trabalho vai ao encontro dos dados relatados por Holcroft e

Kader (1999) para morangos 'Selva' armazenados sob atmosfera controlada de 0,5 % e 2 % de O₂, por 10 dias a 5 °C.

A variação no teor de sólidos solúveis de morangos armazenados em atmosferas com 20 %, 60 % e 90 % de O₂ são semelhantes ao relatado por Zheng et.al. (2007), quando armazenaram morangos 'Allstar' nas mesmas condições de ambiente por 14 dias a 5 °C.

Pérez e Sanz (2001) e Wszelaki e Mitcham (2000) relataram que morangos armazenados sob atmosferas com altas concentrações de oxigênio têm seus teores de sólidos solúveis reduzidos quando comparados com os armazenados a 20 % de O₂. Posteriormente, Zheng; Yang; Chen, (2008) observaram que no décimo quarto dia de armazenamento refrigerado (5 °C), morangos 'Fengxiang' mantidos em atmosferas com 80 % e 100 % de O₂ apresentam maiores teores de sólidos solúveis que os submetidos a ambiente com ar, 40 % ou 60 % de O₂.

Estas diferenças de comportamento podem ser explicadas pelas diferenças entre os cultivares de morangos utilizados, uma vez que os teores de sólidos solúveis podem variar entre espécies, cultivares, estádios de maturação e clima (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

O teor de acidez titulável nos morangos armazenados sob baixas concentrações de oxigênio (1 % e 3 %), reduziu-se do valor inicial médio de 0,8 % para 0,75 % no décimo dia. As atmosferas com pressões parciais de 20 %, 60 % e 90 % de O₂ proporcionaram às frutas manutenção dos teores de acidez titulável, com valores de 0,808 a 0,820 g de ácido cítrico 100 g⁻¹ (Figura 8).

Zheng et.al., (2007) também observaram que 20 %, 40 %, 60 %, 80 % e 100 % de O₂ 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 O₂, apresentaram menor acidez titulável que os acondicionados em ambiente com 2 % de O₂ e ar (20 %), após 10 dias de armazenamento.

Figura 8 – Variação do teor de acidez titulável (AT) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Os morangos armazenados em ambiente com 60 % de O₂ mantiveram seus teores de ácido ascórbico em 57,64 mg ác. ascórbico 100g⁻¹ durante o período, enquanto os frutos mantidos sob as demais atmosferas apresentaram redução durante o armazenamento (Figura 9).

Figura 9 - Variação no teor de ácido ascórbico (AA) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Os frutos armazenados sob 1 % e 3 % de O₂ apresentaram a maior redução e valores finais de 50,98 e 52,15 mg ác. ascórbico 100g⁻¹, respectivamente (Figura 9).

A variação no teor deste antioxidante, ácido ascórbico, tende a diminuir com a maturação e durante o período de armazenamento, devido à atuação direta ou indireta de alguns enzimas em sua degradação, podendo levar à produção de pigmentos escuros que depreciam o produto (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

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 de etanol (Figura 3). O ácido ascórbico passaria pelo processo fisiológico conhecido por delactonização, que é a transformação deste em ácido 2,3-dicetogulônico, diminuindo sua atividade biológica (CHITARRA E CHITARRA, 2005).

3.4 Conclusões

Morangos 'Oso Grande' quando armazenados a 10°C sob atmosfera controlada com 60 % e 90 % de O₂ tem acentuada redução na ocorrência de doenças e mantêm a boa aparência dos mesmos até o décimo dia.

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, demonstra que estas atmosferas são mais apropriadas para conservação de morangos 'Oso Grande' que atmosferas com baixas concentrações de oxigênio (1 % e 3 % de O₂).

Referência

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Washington: Ed. Patrícia Canniff, 1997. v.2, cap.37, p.6, p.10-11; cap. 42, p.2-3.

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.

BROWNE, K.M.; GEESON, J.D.; DENNIS, C. The effects of harvest date and CO₂-enriched storage atmospheres on the storage and shelf-life of strawberries. **The Journal of Horticulture Science e Biotechnology**, Alexandria, v. 59, n.2, p. 197–204, 1984.

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, v.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.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: FAEPE, 2005. 783p.

CLAYPOOL, L.L.; ALLEN, F.W. Carbon dioxide production of deciduous fruits held at different oxygen levels during transit periods. **American Society for Horticultral Science**. Alexandria, v.51, p.103–113, 1948.

CORDENUNSI, B.R.; NASCIMENTO, J.R.O.; LAJOLO, F.M. Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, London, v. 83, p. 167-173, 2003.

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 Technolgy**. Wageningen, n.39, p. 48-55, 2006.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000. São Carlos. **Proceedings...** São Carlos: UFSCar, SP, Jul. 2000. p.255-258.

FLORES-CANTILLANO, F. **Morango: pós-colheita**. Brasília, DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil, 42).

FLORES-CANTILLANO, R.F. Colheita e pós-colehit. In: PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas. EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (EMBRAPA Clima Temperado. Sistema de produção, 5) Versão Eletrônica. **Disponível em:**

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>>. Acesso em: 5 fev.2008.

FRIDOVITCH, I. Superoxide dismutase. **Annual Review of Biochemistry**, California, v.44, p. 147–159, 1975.

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

HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Controlles atmosphere-induced changes em pH and organic acid metabolim may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, 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**. Wageningen, v.20, p. 1-13, 2000.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532p.

KE, D.Y.; GOLDSTEIN, L.; MAHONI, M.; KADER, A.A. Effects of short term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality attributes of strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 1, n.56, p. 50 - 54, 1991.

KE, D.; ZHOU, L.; KADER, A.A. Mode of O₂ and CO₂ action on strawberry ester biosynthesis. **Journal American Society. Horticulture Science**, Alexandria, v.119, p. 971-975. 1994.

KLUGE, R.A.; SCARPARE FILHO, J.A.; JACOMINO, A.P.; PEIXOTO, C.P. **Distúrbios fisiológicos em frutos**. Piracicaba: FEALQ, 2001. 58 p.

LARSEN, M.; WATKINS, C.B. Firmness and concentrations of acetaldehyde, ethyl acetate and ethanol in strawberries stored in controlled and modified atmospheres. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 5, n. 1/2, p. 39-50, 1995.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO FLORES, R.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, 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, 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**, Florence, v.341, 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**, Canadá, v. 57, n.5, p. 1168-1172, 1992.

SOLOMOS, T.; WHITAKER, B.; LU, C. Deleterious effects of pure oxygen on 'Gala' and 'Granny Smith' apples. **HortScience**, Alexandria, v. 32, p. 458 abstract, 1997.

STROHECKER, R.L.; HENNING, H.M. **Analisis 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.

WHITAKER, B.D.; SOLOMOS, T.; HARRISON, D.J. Synthesis and oxidation of α -farnesene during high and low O₂ storage of apple cultivars differing in scald susceptibility. **Acta Horticulturae**, Tempe, n.464, p.165–170, 1998.

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, 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.

4 ÓXIDO NITROSO NA CONSERVAÇÃO DE MORANGOS 'OSO GRANDE'

Resumo

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do morango 'Oso Grande' sob atmosfera controlada com diferentes concentrações de óxido nitroso. Os morangos foram selecionados, resfriados e armazenados a 10 °C, em mini-câmaras herméticas, com fluxo contínuo de 150 mL min⁻¹, controlado através de um fluxcentro. Foram aplicadas as seguintes concentrações de N₂O: 10 %, 30 %, 60 % e 80%, em atmosfera com 20 % de O₂ e balanceado com N₂. No tratamento controle foi aplicada a atmosfera ambiente com 0,03 % de CO₂, 20 % de O₂, e 0 % de N₂O. Os frutos dos diferentes tratamentos foram avaliados durante 10 dias. Os frutos dos tratamentos contendo N₂O obtiveram as melhores avaliações de aparência e apresentaram sintomas de doenças no oitavo dia, com os frutos armazenados em 60 % e 80 % de N₂O apresentaram, no 10º dia, 13,6 % e 16,4 % de frutos doentes, respectivamente. A taxa respiratória dos morangos do controle aumentou durante o armazenamento, com valor final de 32,30 mL kg⁻¹ h⁻¹. Os demais tratamentos apresentaram redução 36,30 % na produção de CO₂ nas 24 horas iniciais e se mantiveram estáveis até o final do armazenamento, enquanto os teores de acetaldeído e etanol não aumentaram. A perda de massa fresca pelos frutos foi inferior a 0,5 %, sem que os tratamentos influenciassem na firmeza, que reduziu-se de 8,5 N para 5,8 N. A coloração dos morangos apresentou redução em seus parâmetros, que não se mostrou perceptível visualmente. A diferença entre os tratamentos, quanto ao teor de acidez não ultrapassou 0,026 % e a de sólidos solúveis, 0,75 °Brix. O teor de ácido ascórbico reduziu-se ao longo do armazenamento, o tratamento com 80 % de N₂O apresentou a menor redução. As concentrações de 60 % e 80 % de N₂O se mostraram adequadas para a conservação dos morangos 'Oso Grande', por apresentarem menor ocorrência de doença, taxa respiratório e manutenção das características comerciais.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*; Atmosfera controlada; Óxido nitroso; Pós-Colheita

Abstract

This work was to aim evaluate the quality of strawberry ' Oso Grande ' under controlled atmosphere with different concentrations of nitrous oxide. The strawberries were selected, cooled and stored at 10 °C, in air tight chambers with continuous flow of 150 mL min⁻¹, this conditions were controlled by the flowboard. In the treatments were applied the following concentrations of N₂O: 10, 30, 60 and 80 % in atmosphere with 20 % of O₂ and equilibrated with N₂. In the control treatment was applied to the ambient atmosphere with 0,03 % of CO₂, 20 % of O₂ and 0 % of N₂O. The fruit of different treatments were evaluated during 10 days. The fruits of the treatments containing N₂O obtained the best evaluation of appearance and the symptoms of diseases appeared only in the 8th day, while that the fruits stored at 60 % and 80 % of N₂O presented 13,6 % and 16,4 % of disease fruit, respectively, at 10th day. The respiratory rate of control treatmet increased during storage, and this value was be 32,30 mL kg⁻¹ h⁻¹ in the end period. In the rest of treatments presented 36,30 % of reduction in CO₂ production at the first 24 hours and maintained fixed until the end of storage, while the acetaldehyde and ethanol contents have not increased. The loss of fresh mass by fruit was lower than 0,5 %, without that the treatments modified the

firmness, in what reduced 8,5 N to 5.8 N. The color of strawberries showed their reduction in your parameters that was not visually perceptible. The difference among the treatments respecting of the titrable acidity content are not exceeded 0,026 % and of the soluble solids content are not exceeded 0,75 °Brix. The ascorbic acid content decreased with the period of storage, the treatment with 80 % of N₂O resulting in a less reduction. The concentrations of 60 % and 80 % of N₂O showed suitable for the conservation of strawberries 'Oso Grande', by submitting a lesser occurrence of disease, respiratory rate and maintenance of commercial characteristics.

Keywords: *Fragaria x ananassa*; Controlled atmosphere; Nitrous oxide; Postharvest

4.1 Introdução

O morango (*Fragaria*×*ananassa* Duch.) é apreciado pelos consumidores em diversas regiões do mundo, devido ao conjunto de características atraentes, como a aparência, que é atribuído à intensidade e distribuição da cor vermelho, o tamanho, o formato, a firmeza, o aroma e o sabor. No entanto, ele têm uma vida pós-colheita curta, perdendo suas propriedades aromáticas, o sabor e o brilho (SCALON; CHITARRA; CHITARRA, 1995).

O morango é considerado um fruto não climatérica, mas apresenta uma taxa respiratória alta, grande suscetibilidade a lesões mecânicas e doenças, com elevada taxa de perda de água. Esse conjunto de fatores leva à rápida deterioração e curto período de conservação pós-colheita (NUNES E MORAIS, 1995; FLORES-CANTILLANO, 1998).

Para aumentar a vida útil de frutas e hortaliças tem-se utilizados diversas técnicas, isoladas ou em combinações. O armazenamento sob atmosfera controlada (AC), em combinação com a refrigeração tem se mostrado viável para prolongar a vida útil e manter a qualidade de vários produtos hortícolas (NUNES et.al., 2002). A conservação do morango em atmosfera com altas concentrações de CO₂ tem levado a redução no desenvolvimento de patógenos e a manutenção da qualidade do fruto (MITCHELL, 1992; FLORES-CANTILLANO, 1998).

Atmosferas com elevadas concentrações de CO₂ e acima dos limites de tolerância, podem gerar desarranjo celular e levar a elevação nos níveis de acetaldeído, etanol, acetato de etila e lactato de etila, implicando no aroma indesejável ao fruto (KADER, 2003).

Na tentativa de reduzir os riscos causados pelo uso de atmosferas com altos teores de dióxido de carbono, tem-se testados diversos gases com potencial para conservação de frutas, como o óxido nítrico (NAVARRE et.al., 2000), o óxido nitroso (QADIR E HASHIMAGA, 2001, PALOMER et.al., 2005) e a super-atmosfera de oxigênio (ZHENG; YANG; CHEN, 2008).

O óxido nitroso (N_2O) é um gás presente na atmosfera, pois é produto da atividade de bactérias desnitrificantes presentes no solo, que inibi a ação do etileno e sua síntese em plantas superiores (FRONTIERA et.al., 1994; GOUBLE; FATH; SOUDAIN, 1995; LESHEM E WILLS, 1998). Outro fator interessante do óxido nitroso é sua estrutura química, linear isostérica, que confere propriedades físicas similares ao CO_2 , como a relativa estabilidade e alta solubilidade em água (LESHEM E WILLS, 1998; BENKEBLIA E VAROQUAUX, 2003). Sua similaridade biofísica com o CO_2 sugere que deve ter efeito benéfico na conservação de frutas e hortaliças (LESHEM E WILLS, 1998), com a vantagem de que o N_2O não é tóxico ao consumidor (BENKEBLIA E VAROQUAUX, 2003).

Estudos realizados com N_2O em frutas climatéricas como tomate, abacate (GOUBLE; FATH; SOUDAIN, 1995), maçã, caqui, tomate (QADIR E HASHIMAGA, 2001) e banana (PALOMER et.al., 2005), bem como em cebola (BENKEBLIA E VAROQUAUX, 2003) e em frutas não climatéricas como morango e tangerina (QADIR E HASHIMAGA, 2001) demonstraram resultados promissores na manutenção da qualidade e na redução de podridões, pós-colheita. No entanto, ainda se faz necessário maiores informações sobre a aplicação do N_2O em outras frutas e hortaliças. O principal objetivo desta pesquisa foi determinar o efeito de diferentes concentrações de N_2O na qualidade pós-colheita de morangos cv. Oso Grande conservados a 10 °C.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Material vegetal

Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos em cultivo comercial no município de Valinhos, São Paulo (Latitude 22° 58' Sul e Longitude 16° 59' Oeste), nas primeiras horas do dia, com 50-75 % da superfície de cor vermelho-brilhante (FLORES-CANTILLANO, 2005). Após a colheita 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, distando cerca de 90 km do local de produção.

No laboratório, os morangos foram criteriosamente selecionados, com retirada dos frutos doentes, com ferimentos ou com 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.

4.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera

Os morangos selecionados e pré-refrigerados foram armazenados em mini-câmaras herméticas, constituídas por caixas plásticas translúcidas de 8,6 L (Sanremo® 960), com capacidade de acondicionamento de aproximadamente 1,2 kg de morango em camada única.

Estas mini-câmaras, com os morangos, foram dispostas em estantes no interior de câmara refrigerada a 10 ± 1 °C e 95 ± 2 % UR. As misturas gasosas foram umidificadas e injetadas na parte inferior da mini-câmara (entrada), com saída na parte superior e oposta à entrada.

Neste experimento foram utilizadas cinco misturas gasosas (tratamentos) com as seguintes concentrações de óxido nitroso (N_2O): 10 %, 30 %, 60 % e 80%, em atmosfera com 20 % de O_2 . Como controle foi utilizado uma atmosfera ambiente com 0,03 % de CO_2 , 20 % de O_2 e 0 % de N_2O .

As misturas foram injetadas nas mini-câmaras em fluxo contínuo de 150 mL min^{-1} , com o óxido nitroso (N_2O), o oxigênio (O_2) e o nitrogênio (N_2), fornecidos por cilindros individuais, tipo K, com 99,99 % de pureza. O tratamento controle foi mantido utilizando-se de um compressor de ar odontológico (Schulz modelo MSV 6/30 L, São Paulo, Brasil). As composições atmosféricas foram aferidas diariamente, usando-se um analisador de gases da marca Dansensor, modelo Checkmate 9001.

O equipamento utilizado para estabelecer e controlar a atmosfera foi o fluxcentro (“Flowboard”) descrito por Calbo (1989), com modificação no regulador de pressão. Calbo (1989) utilizava como regulador de pressão um barostato, onde ocorria o borbulhamento dos gases em seu interior, com conseqüente perda dos mesmos para a atmosfera e elevado consumo destes gases. No lugar do barostato foi utilizada uma válvula diferencial adaptada a partir das válvulas utilizadas em botijão de gás GLP doméstico, o que permitiu regular a pressão do equipamento sem perda de gás.

As misturas (ar comprimido, O_2 , N_2O e N_2) em linhas individuais, foram umidificadas pela passagem por recipiente de vidro (9 L) contendo água destilada. Após serem umidificadas as misturas entravam no fluxcentro, onde cada linha de gás passava por um controlador de pressão, permitindo controlar e manter a pressão do fluxo em 60 cm de coluna de água.

Os fluxos desejados foram obtidos com o uso de capilares flexíveis de cobre, cujos diâmetros foram ajustados por prensagem em morsa mecânica. O fluxo de cada capilar foi aferido usando-se bolhometro padrão de 50 mL, em vidro graduado.

Os fluxos ajustados de cada gás seguiam para os misturadores constituídos de duas conexões “T”, em que na primeira se realizava a pré-mistura de dois gases e na segunda ocorria à mistura do terceiro gás. Estas misturas foram aplicadas nas mini-câmaras de armazenamento com os morangos.

4.2.3 Atividade respiratória e produção de etanol e acetaldeído

Atividade Respiratória — A determinação da atividade respiratória foi feita utilizando-se 4 repetições, sendo considerado como repetição uma mini-câmara com aproximadamente 1,2 kg de morango, e a cada dois dias determinou-se a produção de CO₂, pelo sistema aberto. Foram coletadas amostras de 1,0 mL de gás na entrada e na saída da mini-câmara utilizando-se seringa modelo Gastight, marca Hamilton de 2,5 mL. Elas foram analisadas em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, 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 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 CO₂ foi calculada através da equação descrita por Kays (1991):

$$\text{Respiração (mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \frac{(\text{ppmCO}_2\text{-saída} - \text{ppmCO}_2\text{-entrada}) \times [\text{Fluxo (mL min}^{-1}) \times 60] \times 10^{-6}}{\text{Massa de morango (Kg)}}$$

Teores de Acetaldeído e Etanol — As amostras de 1 g de polpa triturada foram seladas em frascos de 40 mL, os quais foram lacrados e mantidos em congelador 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, que 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 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.

4.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas

Perda de Massa Fresca Acumulada — calculada em função da variação da massa dos frutos nas diferentes amostragens, por meio de pesagem em balança semi-analítica marca Tecnal, classe II, com precisão de 0,01 gramas, sendo expressa em porcentagem.

Firmeza (FIR) — foi determinada com penetrômetro digital marca Tr-Turoni, Sammar 53200, diretamente na lateral dos frutos, e os resultados expressos em Newton (N).

Coloração Externa — foi determinada, nos dois lados de cada fruto, usando-se colorímetro Minolta, modelo CR-300, e os resultados expressos em luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade, de acordo com McGuirre (1992).

4.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas

Teor de Acidez Titulável — foi dosado em 10 g de material previamente triturado e homogeneizado em 50 mL de água destilada, através de titulação com NaOH a 0,1 M padronizada, tendo-se como ponto de viragem o pH = 8,2. Os resultados foram expressos pelo equivalente em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de amostra (met. 942.15 da AOAC, 1997).

Teor de Sólidos Solúveis — estes teores foram determinados em gotas obtidas do material triturado, medido em refratômetro digital marca Atago, modelo Pallete – 101, com os resultados expressos em °Brix (met. 932.12 da AOAC, 1997).

Teor de Ácido Ascórbico — foi determinado pelo método de Tillman (STROHECKER E HENNING, 1967). Os resultados foram expressos pelo equivalente em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra.

4.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência

Índice de Doença — foram avaliados, visualmente, 110 frutos por tratamento, e considerados doentes todos aqueles que apresentavam lesões características, com dimensão de 25 mm². Os resultados foram expressos em porcentagem.

Aparência — avaliada segundo uma escala de notas, onde: 3 = ótimo (sem sintomas de doença; túrgido; cor característica); 2 = bom (sem sintomas de doença; sem turgidez ou sem cor característica); 1 = ruim (sem sintomas de doença; sem turgidez e sem cor característica); e 0 = péssimo (com sintomas de doença). A nota 1 foi considerada a nota descarte, ou seja, quando os frutos estariam impróprios para a comercialização.

4.2.7 Delineamento e análises estatísticas

Os morangos foram armazenados a 10° C sob diferentes atmosferas controladas, por 10 dias e a cada dois dias foram avaliados. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 6 x 5. Os fatores foram constituídos pelo período de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias) e pelas atmosferas (0 %, 10 %, 30 %, 60 % e 80% de N₂O).

Para as variáveis de qualidade química (teores de acidez titulável, de ácido ascórbico e de sólidos solúveis) foram utilizadas quatro repetições, com 300 g de morango em cada dia de análise. Para a firmeza e coloração foram utilizadas 20 repetições, sendo cada repetição um morango.

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. As variáveis que apresentaram interação entre os fatores estudados foram submetidas à análise de dados longitudinais (regressão polinomial), devido ao caráter quantitativo imposto pelo fator tempo avaliado. Para os teores de acetaldeído e de etanol, e para a taxa respiratória, as diferenças foram consideradas significativas quando as diferenças entre as médias de dois tratamentos foi maior que a soma de dois erros padrões (SHAMAILA; POWRIE; SKURA, 1992). Os dados foram analisados através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

4.3 Resultados e Discussão

O enriquecimento da atmosfera de armazenamento com óxido nitroso retardou a ocorrência de doença em dois dias e diminuiu a porcentagem de frutos doentes (Tabela 1). Qadir e Hashinaga (2001) observaram redução na incidência de *Botrytis cinerea*, em morangos tratados com diferentes concentrações de N₂O.

Tabela 1 - Ocorrência de doenças, expressa em porcentagem, em morango 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N_2O , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 C e 95 % UR

Tempo (dia)	Concentrações de N_2O				
	0 %	10 %	30 %	60 %	80 %
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	15,5	0,0	0,0	0,0	0,0
8	28,2	19,1	8,2	5,5	5,5
10	37,2	33,6	26,4	13,6	16,4

Obs: As porcentagens foram calculadas pela relação entre o número de frutos com podridões e o número total de frutos avaliados (n=110).

O efeito do óxido nítrico sobre o desenvolvimento de doenças, pode ser por inibição do patógeno e/ou por ativação do mecanismo de defesa dos frutos (BENKEBILA E VAROQUAUX, 2003).

Não se encontrou trabalho indicando a ocorrência endógena de N_2O e sua ação na defesa de plantas ou sua participação neste mecanismo, contudo, há relatos de que ação do óxido nítrico (NAVARRE et.al., 2000) é por interação com o mecanismo de defesa do vegetal. Essa interação deve acontecer por ação de moléculas que são produzidas ou liberadas no local de ataque do patógeno e que podem ser transportadas por difusão, através do sistema vascular (NAVARRE et.al., 2000). Acredita-se que este é o possível mecanismo ativado em resposta ao N_2O atmosférico.

O desenvolvimento de doenças em morangos na fase pós-colheita é um dos principais fatores que influenciam o seu valor comercial. Neste trabalho têm-se as maiores porcentagens de frutos comercializáveis durante o período de armazenamento, indicado pela aparência, foram os que apresentaram os menores índices de doenças, ou seja, os acondicionados em atmosferas com N_2O (Figura 1).

No décimo dia de armazenamento os morangos armazenados com 0 % e 10 % de N_2O apresentavam estágio de maturação avançado e alta incidência de doença, tornando-os não comercializáveis.

Figura 1 - Aparência de morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N_2O , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. Aparência: 3 = ótimo; 2 = bom; 1 = ruim; e 0 = péssimo

A taxa respiratória dos morangos acondicionados sem óxido nitroso apresentou leve aumento durante o armazenamento, de $20,4 \pm 1,4 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ no início, para $32,30 \pm 3,1 \text{ mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, no nono dia. Nos frutos mantidos em atmosferas enriquecidas com N_2O observou-se redução, após 24 horas de armazenamento, na produção de CO_2 de 36,30 %, em média, e que mantiveram-se praticamente estáveis até o final do período. Observou-se também que quanto maior a concentração de N_2O menor é a atividade respiratória dos frutos (Figura 2).

Figura 2 - Atividade respiratória em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N_2O , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4)

Segundo Sowa e Towill (1991), a ação do N_2O na inibição da respiração é parcial e reversível, pois este gás possui influência na atividade do citocromo c de mitocôndrias isoladas de sementes, folhas ou suspensões celulares. Sowa; Roos; Caughey, (1993) também relataram que atmosfera com 80 % de N_2O reduz a respiração em mudas de *Phaseoulus vulgaris* L.

As produções de acetaldeído e etanol não foram significativamente afetadas pela presença do N_2O nas atmosferas de armazenamento e, seus teores médios foram de $0,4 \pm 0,2$ mg acetaldeído 100 g^{-1} e de $1,0 \pm 0,2$ mg etanol 100 g^{-1} (Figura 3).

Figura 3- Produção de etanol (A) e acetaldeído (B) nos morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N_2O , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4)

Esta ausência de efeito no aumento dos teores de acetaldeído e etanol (Figura 3) e redução nas taxas respiratórias dos morangos, indicam a excelência da ação do óxido nitroso, mesmo existindo numerosos aspectos bioquímicos e fisiológicos ainda obscuros nas interações fruto-óxido nitroso-patógeno. Benkebila e Varoquaux (2003) indicam também, que sua ação não é igual à do CO₂, como sugerido por Qadir e Hashinaga (2001).

A redução na massa fresca dos morangos não foi influenciada pelos tratamentos com redução média de 0,12 % no peso inicial, após 10 dias, demonstrando a eficiência das condições de armazenamento, 10 °C e 95 % UR (Figura 4). Deve-se ter redução acima de 6 % na massa fresca para que o morango perca seu valor comercial (GARCÍA; MEDINA; OLÍAS, 1998).

Figura 4 - Variação na perda acumulada de massa fresca, em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N₂O, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR.

A firmeza também não foi influenciada pelos tratamentos, mas reduziu-se ao longo do armazenamento, de 8,5 N no início para 5,8 N no final do período (Figura 5). Estudos com banana cv Dwarf Cavendish armazenada sob atmosfera controlada e adicionada de 60 % de óxido nitroso, também não encontraram diferenças entre os tratamentos, quanto a firmeza (PALOMER et.al., 2005).

Figura 5 - Variação da firmeza em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N_2O , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), a perda progressiva da firmeza ocorre como consequência natural do amadurecimento, senescência e compreende um processo complexo com diferentes mecanismos fisiológicos, como perda a do turgor celular, ação enzimática e transformações dos compostos de paredes, entre outros mecanismos.

A luminosidade do morango reduziu-se durante o período de armazenamento, indicando escurecimento. Os frutos submetidos às atmosferas sem N_2O ou com 10 % apresentaram maior redução na luminosidade que os tratados com 30 %, 60 % ou 80 % de N_2O (Figura 6A). A redução mais acentuada nos tratamentos sem N_2O ou com 10 % foi provocada pelo estágio de maturação mais avançado, o que é indicado pela aparência (Figura 1).

O ângulo de cor reduziu-se de 33,2° para 25,7° em média, nos frutos de todos os tratamentos, como sendo observado nos frutos armazenados sem N_2O (Figura 6B). A cromaticidade aumentou durante os primeiros 4-6 dias de armazenamento, para então reduzir-se, sem diferenças apreciáveis entre os tratamentos (Figura 6 C).

Palomer *et.al.* (2005), quando armazenaram banana em atmosfera com 60 % de N_2O ou ar atmosférico, também não observaram diferenças nos parâmetros que compõem a cor, luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade.

Figura 6 - Variação na luminosidade (A), ângulo de cor (B) e cromaticidade (C) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N_2O , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Durante o armazenamento os teores de sólidos solúveis dos morangos reduziram-se em até 0,56 °Brix, com exceção dos acondicionados com 30 % de N₂O que se manteve constante (7,20 ± 0,15 °Brix) (Figura 7).

Figura 7 - Variação no teor de sólidos solúveis (SS) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N₂O, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

O teor acidez titulável não se modificou ao longo do armazenamento, mas foram detectadas diferenças significativas entre os tratamentos com N₂O e o controle (Tabela 2).

Tabela 2 - Teor de acidez titulável em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N₂O, associadas a 20 % de O₂, em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Tratamentos	g. de ác. cítrico 100 g ⁻¹
0%	0,836A
10%	0,810 B
30%	0,815AB
60%	0,823AB
80%	0,814AB
dms (5 %)	0,024

Médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

As diferenças observadas nos teores de acidez, menor que 0,026% (Tabela 2), e nos de sólidos solúveis, menor que 0,75 °Brix (Figura 7), não devem ser considerados fisiologicamente, pois não tem implicações metabólicas, ainda que apresentem diferenças. Palomer et.al. (2005) também não observaram diferenças significativas entre os teores de sólidos solúveis e de acidez em bananas tratadas com 60 % de N₂O, quando comparadas com as mantidas em ar atmosférico.

Segundo Lavee e Nir (1986), as alterações em sólidos solúveis e acidez titulável, assim como em açúcares e ácidos orgânicos, são mínimas durante o armazenamento de frutas não

climatéricas. Chitarra e Chitarra (2005) também indicam que este comportamento se deve ao fato das frutas não climatéricas apresentarem pouca ou nenhuma modificação, no conteúdo de açúcares durante o armazenamento, sendo que, é somente no estágio final da senescência que se observa diminuição no teor de açúcar (GARCIA; HERRERA; MORILLA, 1996).

Os morangos reduziram seus teores de ácido ascórbico durante o armazenamento, com os frutos armazenados na atmosfera com 80 % de N_2O apresentando a maior redução (Figura 8).

Figura 8 - Variação no teor de ácido ascórbico (AA) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera controlada com diferentes concentrações de N_2O , associadas a 20 % de O_2 , em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

4.4 Conclusões

Os morangos da cultivar Oso Grande, quando armazenados a 10 °C sob atmosfera controlada com 30 %, 60 % e 80 % de óxido nitroso e 20% de oxigênio, tiveram vida útil de 10 dias, conservando suas características comerciais e reduzida taxa respiratória.

As concentrações elevadas de óxido nitroso, 60 % e 80 %, são adequadas para o armazenamento de morango 'Oso Grande'

Referência

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Washington: Ed. Patrícia Canniff, 1997. v.2, cap.37, p.6, p.10-11; cap. 42, p.2-3.

BENKEBLIA N.; VAROQUAUX, P. Effect of nitrous oxide (N_2O) on respiration rate, soluble sugars and quality attributes of onion bulbs *Allium cepa* cv. Rouge Amposta during storage. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen v.30, p.161–168, 2003.

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, v.6, p.733-739, 1989.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: FAEPE, 2005. 783p.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In... REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45^o 2.000. São Carlos. **Anais....** São Carlos:UFSCar, São Carlos, Jul 2000. p.255-258.

FLORES-CANTILLANO, E. **Estudio del efecto de lãs atmosferas modificadas durante el almacenamiento y comercialización de algunas frutas y hortalizas**. 1998. 267p. Teses (Doctoral) – Universidad Plitécnica de Valencia, Valencia, 1998.

FLORES-CANTILLANO, R.F. Colheita e pós-colehit. In: PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). Sistema de produção do morango. Pelotas. EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (EMBRAPA Clima Temperado. Sistema de produção, 5) Versão Eletrônica. **Disponível em:** <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>>. Acesso em: 5 fev.2008.

FRONTIERA, M.S.; SATABLER, S.P.; KOLHOUSE, J.F.; ALLEN, R.H. Regulation of methionine metabolism: effects of nitrous oxide and excess dietary methionine. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Stoneham, v.5, p.28–38, 1994.

GARCIA, J. M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v. 44, n. 1, p. 30-33, 1996.

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

GOUBLE, H.; FATH, D.; PIERRE, S. Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climacteric fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, p. 311-321, 1995.

KADER, A.A. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears.8.ed. **Acta Horticulturae.**, International controlled atmosphere research conference, Holanda, n.600, p.737-740, 2003.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991, 532p.

LAVEE, S.; NIR, G. Grape. In: MONSELISE, S.P.(Ed.) Boca Raton:CRC Press,1986. p. 167-191.

- LESHEM, Y.Y.; WILLS, R.B.H.. Harnessing senescence delaying gases nitric oxide and nitrous oxide: a novel approach to postharvest control of fresh horticultural produce. **Biology Plantarum**, Praha v. 41, p.1–10, 1998.
- McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.12, p.1254-1255, 1992
- MITCHELL, F.G. Postharvest handling system: small fruits (table grapes, strawberries, kiwi-fruit). In: KARDER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Univ. of California Publ, 1992. . p. 223-231.
- NAVARRE, D.A.; WENDEHENNE, D.; DURNER, J.; NOAD, R.; KLESSIG, D.F. Nitric oxide modulates the activity of tobacco aconitase. **Plant Physiology**, Washington, v.122, p. 573–582, 2000.
- NUNES, M.C.M.; MORAIS, A.M.M.B. Quality of strawberries after storage en controlled atmospheres at above optimum storage temperatures. Proceeding of the Florida State. **Society for Horticultural Science**, Florida, v.108, p.273-277, 1995.
- NUNES, M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, n.127, v. 5, p. 856-842, 2002.
- PALOMER, X.; ROIG-VILLANOVA, I.; GRIMA-CALVO, D.; VENDRELL, M. Effects of nitrous oxide (N₂O) treatment on the postharvest ripening of banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v.36, p. 167–175, 2005.
- QADIR, A.; HASHINAGA, F. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 22, p. 279-283, 2001.
- SCALON, S.P.Q.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Conservação de morangos (*Fragaria ananassa* Duch) cv. Seguóia em atmosfera modificada. In: CONGRESSO DA PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 7 , 1995.Lavras. **Anais...**Lavras: UFLA, 1995. p. 24-25.
- SHAMAILA, M.M.; POWRIE, W.D.; SKURA, B.J. Sensury evaluation of strawberry fruit stores under modified atmosphere packaging (MAP) by quantitative descriptive analysis. **Journal of Food Science**, Canadá, v. 57, n.5, p. 1168-1172, 1992.
- SOWA, S.; ROOS, E.E.; CAUGHEY, W.S. Effect molecules to probe cytochrome c oxidase activity in germinating *Phaseolus vulgaris* L. seeds. **Journal Plant Physiology**, London, v.141, p. 647–653, 1993.
- SOWA, S.; TOWILL, L.E. Effects of nitrous oxide on mitochondrial and cell respiration and growth in *Distichlis spicata* suspension cultures. **Plant Cell, Tissue and. Organ Culture**. Netherlands, v.27, p. 97–201, 1991.
- STROHECKER, R.L.; HENNING, H.M. **Analisis de vitaminas: métodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

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, p. 470–474, 2008.

5 CONCENTRAÇÕES DE OXIGÊNIO, DIÓXIDO DE CARBONO E ÓXIDO NITROSO NA VIDA ÚTIL DE MORANGOS 'OSO GRANDE'

Resumo

Atmosferas de armazenamento com elevado dióxido de carbono, oxigênio e óxido nitroso são indicadas para conservação de frutas e hortaliças, entretanto, existem poucos estudos com a combinação dos mesmos. O objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade do morango 'Oso Grande' sob atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O. Os morangos foram selecionados, resfriados e armazenados a 10 °C, em mini-câmaras herméticas. Aplicou-se combinações gasosas em fluxo contínuo, 150 mL min⁻¹, usando-se um fluxcentro. Foram testadas cinco combinações gasosas (T1- 0,03 % CO₂ + 20 % O₂; T2- 80 % N₂O + 20 % O₂; T3- 90 % O₂ + 10 % N₂; T4- 60 % O₂ + 40 % CO₂; T5- 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O) e os frutos foram avaliados até se tornarem impróprios para o consumo. As menores incidências de podridões foram observadas com 80 % N₂O + 20 % O₂ (18,7 %) e 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O (5,7 %), assim como as melhores notas de aparência, no 14º dia de armazenamento. Os morangos em 60 % O₂ + 40 % CO₂ mantiveram a ótima aparência por oito dias, porém foram considerados inadequados para o consumo, por apresentarem teores elevados de acetaldeído (54,8 mg 100g⁻¹) e de etanol (42,4 mg 100g⁻¹), que são indícios de processo fermentativo. Os frutos armazenados com 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O apresentaram a maior perda da firmeza inicial, que ao final do período de armazenamento era de 37 %, enquanto nos armazenados em 80 % N₂O + 20 % O₂ ou 90 % O₂ + 10 % N₂, esta perda foi de 27 %. Os morangos apresentaram redução na luminosidade, sendo mais acentuada no tratamento com 0,03 % CO₂ + 20 % O₂, provocada pelo estágio de maturação mais avançado. Os frutos submetidos a 60 % O₂ + 40 % CO₂ apresentaram os menores teores de acidez titulável, de sólidos solúveis e de ácido ascórbico. Morangos 'Oso Grande' a 10 °C, sob atmosfera controlada com 80 % N₂O + 20 % O₂; 90 % O₂ + 10 % N₂ ou 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O, conservam sua coloração, reduz ocorrência de doenças e mantêm a qualidade comercial por 14 dias.

Palavras-chave: *Fragaria x ananassa*; Pós-colheita; Atmosfera controlada

Abstract

Storage Atmospheres with high level of carbon dioxide, of oxygen and of nitrous oxide are indicated for conservation of fruit and vegetables, however, there are few studies with the combination among of them. The aim of this work was to evaluate the quality of strawberry 'Oso Grande' under atmosphere with different concentrations of CO₂, N₂O and O₂. The strawberries were selected, cooled and stored to 10 °C, in air tight chambers. The gaseous combinations were applied in continuous flow of 150 ml/min⁻¹, by a flowboard. Five gaseous combinations were tested (T1-0,03 % CO₂ + 20 % O₂; T2-80 % N₂O + 20 % O₂; T3-90 % O₂ + 10 % N₂; T4-60 % O₂ + 40 % CO₂; T5-20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O) and the fruits were evaluated to become unfit for consumption. The smallest rotting incidences were observed with 80 % N₂O + 20 % O₂ (18,7%) and 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O (5,7%) as well as better grades of appearance, in the 14th day of storage. The strawberries in 60 % O₂ + 40% CO₂ maintained a great appearance for eight days, but they were considered unsuitable for consumption to show high levels of acetaldehyde (54,8 mg 100 g⁻¹) and of ethanol (42.4 mg 100 g⁻¹), that are indications of

fermentative process. The fruits are stored in atmosphere with 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O have increased loss of firmness, that in the end of the period of storage was 37 %, while in stored in 80 % N₂O + 20 % O₂ or 90 % O₂ + 10 % N₂, this loss was be 27 %. The strawberries have reduced in luminosity, being more pronounced in the treatment with 0,03 % CO₂ + 20 % O₂, because of the most advanced stage of ripeness. The fruits submitted in 60 % O₂ + 40 % CO₂ showed lesser titratable acidity, soluble solids and ascorbic acid contents. Strawberries 'Oso Grande' at 10 °C under controlled atmosphere with 80 % N₂O + 20 % O₂; 90 % O₂ + 10 % N₂ or 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60% N₂O conserved their colour, reducing the occurrence of diseases and maintain the commercial quality for 14 days.

Keywords: *Fragaria x ananassa*; Postharvest; Controlled atmosphere

5.1 Introdução

O morango é um fruto agradável aos olhos e ao paladar, com poucas calorias, rico em fibras solúveis, fonte de vitamina C e bioflavonóides, como a antocianina e o ácido elágico, que estão relacionados à prevenção de doenças. A distribuição de morangos a grandes distâncias esbarra em sua perecibilidade, decorrente principalmente da susceptibilidade ao desenvolvimento de agentes patogênicos, que quando armazenado a temperatura ambiente, é de dois dias (BLEINROTH, 1986; MALGRIM; CANTILLANO; COUTINHO, 2006).

Para ampliar sua distribuição tem-se utilizado diversas técnicas, isoladas ou em combinações. O armazenamento sob atmosfera controlada ou modificada e em combinação com a refrigeração, têm se mostrado viável para prolongar a vida útil e manter a qualidade de vários produtos hortícolas (NUNES et.al., 2002; FLORES-CANTILLANO, 2003).

Morango é tolerante ao armazenamento sob atmosfera com alta concentração de dióxido de carbono (CO₂), sendo considerada uma opção para aumentar a vida pós-colheita (GIL; HOLCROFT; KADER, 1997; ZHANG E WATKINS, 2005), pois reduz a ocorrência de doenças, mantém a firmeza (ALMENAR et.al., 2006), e segundo Brackmann et.al. (2001), quando associada a temperatura de 0 °C, conserva o fruto por até 20 dias.

Baixas concentrações de oxigênio, com ou sem combinações com altas concentrações de CO₂, também pode levar a efeitos benéficos na vida pós-colheita de morangos (FLORES-CANTILLANO, 2003; CHITARRA E CHITARRA, 2005). Trabalhos também sugerem o uso de atmosfera com alta concentração de O₂, para prolongar a conservação de frutas e hortaliças (KADER E BEN-YEHOSHUA, 2000, ESCALONA et al., 2006).

Atmosfera com 70 % de O₂ tem-se mostrado eficiente na inibição do crescimento bacteriano, de leveduras, de fungos e na redução da taxa respiratória do vegetal (ALLENDE et.al.

2002; ESCALONA et.al. 2006). Morango 'Allstar' sob 40 %, 60 %, 80 % e 100 % de O₂, a 5 °C, tem sua ocorrência de doenças reduzida com o aumento na concentração de O₂ (ZHENG et.al., 2007)

Segundo Kader (2003), atmosferas com baixos níveis de oxigênio, menor que 1 % de O₂, e/ou altos níveis de dióxido de carbono, maior que 20 % de CO₂, podem gerar desarranjo celular culminando com diminuição no pH citoplasmático e nos níveis de ATP, causando a elevação dos níveis de acetaldeído, etanol, acetato de etila e lactato de etila, e levando aromas indesejáveis aos frutos. A associação de alta concentração de CO₂ e alta concentração de O₂, pode minimizar estes efeitos.

A atmosfera controlada também permite o uso de gases com efeitos fungicidas, como o óxido nitroso (QADIR E HASHINAGA, 2001), que em fruta têm mostrado efeito na inibição da produção de etileno e na redução de ocorrência de doenças (GOUBLE; FATH; PIERRE, 1995). Experimento *in vitro* demonstra o efeito fungicida em diferentes grupos de fungos, como *Botrytis cinerea* e *Rhizopus spp*, que são os principais patógenos que afetam a qualidade do morango (QADIR E HASHINAGA, 2001).

No entanto, ainda se faz necessário maiores informações sobre a aplicação conjunta de alto teor de CO₂, de O₂ e de N₂O em frutas e hortaliças. O principal objetivo desta pesquisa foi determinar o efeito de diferentes de concentrações de CO₂, O₂ e N₂O na qualidade pós-colheita de morangos cv. Oso Grande armazenados a 10 °C.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Material vegetal

Morangos da cultivar Oso Grande foram colhidos em cultivo comercial no município de Valinhos, São Paulo (Latitude 22° 58' Sul e Longitude 16° 59' Oeste), nas primeiras horas do dia, com 50-75 % da superfície de cor vermelho-brilhante (FLORES-CANTILLANO, 2005). Após a colheita 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, distando cerca de 90 km do local de produção.

No laboratório, os morangos foram criteriosamente selecionados, com retirada dos frutos doentes, com ferimentos ou com 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.

5.2.2 Tratamentos e controle da atmosfera

Os morangos selecionados e pré-refrigerados foram armazenados em mini-câmaras herméticas, constituídas por caixas plásticas translúcidas de 8,6 L (Sanremo® 960), com capacidade de acondicionamento de aproximadamente 1,2 kg de morango em camada única.

Estas mini-câmaras, com os morangos, foram dispostas em estantes no interior de câmara refrigerada a 10 ± 1 °C e 95 ± 2 % UR. As misturas gasosas foram umidificadas e injetadas na parte inferior da mini-câmara (entrada), com saída na parte superior e oposta à entrada.

Neste experimento foram utilizadas cinco misturas gasosas (tratamentos) com as seguintes concentrações: **T1**- controle: foi aplicada uma atmosfera ambiente com 0,03 % de CO₂, 20 % de O₂; **T2**- 80 % de N₂O + 20 % de O₂; **T3**- 90 % de O₂ + 10 % de N₂; **T4**- 60 % de O₂ + 40 % de CO₂; e **T5**- 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O.

As misturas foram injetadas nas mini-câmaras em fluxo contínuo de 150 mL min⁻¹, com óxido nitroso (N₂O), o oxigênio (O₂), dióxido de carbono (CO₂) e o nitrogênio (N₂), fornecidos por cilindros individuais, tipo K, com 99,99 % de pureza. O tratamento controle foi mantido utilizando-se de um compressor de ar odontológico (Schulz modelo MSV 6/30 L, São Paulo, Brasil). As composições atmosféricas foram aferidas diariamente, usando-se um analisador de gases da marca Dansensor, modelo Checkmate 9001.

O equipamento utilizado para estabelecer e controlar a atmosfera foi o fluxcentro (“Flowboard”) descrito por Calbo (1989), com modificação no regulador de pressão. Calbo (1989) utilizava como regulador de pressão um barostato, onde ocorria o borbulhamento dos gases em seu interior, com conseqüente perda dos mesmos para a atmosfera e elevado consumo destes gases. No lugar do barostato foi utilizada uma válvula diferencial adaptada a partir das válvulas utilizadas em botijão de gás GLP doméstico, o que permitiu regular a pressão do equipamento sem perda de gás.

Os gases (ar comprimido, O₂, CO₂, N₂O e N₂) em linhas individuais, foram umidificadas pela passagem por recipiente de vidro (9 L) contendo água destilada. Após serem umidificadas as misturas entravam no fluxcentro, onde cada linha de gás passava por um controlador de pressão, permitindo controlar e manter a pressão do fluxo em 60 cm de coluna de água.

Os fluxos desejados foram obtidos com o uso de capilares flexíveis de cobre, cujos diâmetros foram ajustados por prensagem em morsa mecânica. O fluxo de cada capilar foi aferido usando-se bolhometro padrão de 50 mL, em vidro graduado.

Os fluxos ajustados de cada gás seguiam para os misturadores constituídos de duas conexões “T”, em que na primeira se realizava a pré-mistura de dois gases e na segunda ocorria a mistura do terceiro gás. Estas misturas foram aplicadas nas mini-câmaras de armazenamento com os morangos.

5.2.3 Atividade respiratória e produção de etanol e acetaldeído

Atividade Respiratória — A determinação da atividade respiratória foi feita utilizando-se 4 repetições, sendo considerado como repetição uma mini-câmara com aproximadamente 1,2 kg de morango, e a cada dois dias determinou-se a produção de CO₂, pelo sistema aberto. Foram coletadas amostras de 1,0 mL de gás na entrada e na saída da mini-câmara utilizando-se seringa modelo Gastight, marca Hamilton de 2,5 mL. Elas foram analisadas em cromatógrafo a gás (ThermoFinnigan, 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 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 CO₂ foi calculada através da equação descrita por Kays (1991):

$$\text{Respiração (mL kg}^{-1} \text{ h}^{-1}) = \frac{(\text{ppmCO}_2\text{-saída} - \text{ppmCO}_2\text{-entrada}) \times [\text{Fluxo (mL min}^{-1}) \times 60] \times 10^{-6}}{\text{Massa de morango (Kg)}}$$

Teores de Acetaldeído e Etanol — As amostras de 1 g de polpa triturada foram seladas em frascos de 40 mL, os quais foram lacrados e mantidos em congelador 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, que 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 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.

5.2.4 Avaliação da qualidade: determinações físicas

Firmeza (FIR) — foi determinada com penetrômetro digital marca Tr-Turoni, Sammar 53200, diretamente na lateral dos frutos, e os resultados expressos em Newton (N).

Coloração Externa — foi determinada, nos dois lados de cada fruto, usando-se colorímetro Minolta, modelo CR-300, e os resultados expressos em luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade, de acordo com McGuirre (1992).

5.2.5 Avaliação da qualidade: determinações químicas

Teor de Acidez Titulável — foi dosado em 10 g de material previamente triturado e homogeneizado em 50 mL de água destilada, através de titulação com NaOH a 0,1 M padronizada, tendo-se como ponto de viragem o pH = 8,2. Os resultados foram expressos pelo equivalente em gramas de ácido cítrico por 100 gramas de amostra (met. 942.15 da AOAC, 1997).

Teor de Sólidos Solúveis — estes teores foram determinados em gotas obtidas do material triturado, medido em refratômetro digital marca Atago, modelo Pallete – 101, com os resultados expressos em °Brix (met. 932.12 da AOAC, 1997).

Teor de Ácido Ascórbico — foi determinado pelo método de Tillman (STROHECKER E HENNING, 1967). Os resultados foram expressos pelo equivalente em miligramas de ácido ascórbico por 100 gramas de amostra.

5.2.6 Avaliação da qualidade: presença de podridão e aparência

Índice de Doença — foram avaliados visualmente 110 frutos por tratamento, e considerados doentes todos aqueles que apresentavam lesões características, com dimensão de 25 mm². Os resultados foram expressos em porcentagem.

Aparência – avaliada segundo uma escala de notas, onde: 3 = ótimo (sem sintomas de doença; túrgido; cor característica); 2 = bom (sem sintomas de doença; sem turgidez ou sem cor característica); 1 = ruim (sem sintomas de doença; sem turgidez e sem cor característica); e 0 = péssimo (com sintomas de doença). A nota 1 foi considerada a nota descarte, ou seja, quando os frutos estariam impróprios para a comercialização.

5.2.7 Delineamento e análises estatísticas

Os morangos foram armazenados a 10° C sob diferentes atmosferas controladas, por até 14 dias e a cada dois dias foram avaliados. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 8 x 5. Os fatores foram constituídos pelo período de armazenamento (0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 e 14 dias) e pelas atmosferas (**T1**- 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, **T2**- 80 % de N₂O + 20 % de O₂, **T3**- 90 % de O₂ + 10 % de N₂, **T4**- 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ e **T5**- 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O).

Para as variáveis de qualidade química (teores de acidez titulável, de ácido ascórbico e de sólidos solúveis) foram utilizadas quatro repetições, com 300 g de morango em cada dia de análise. Para a firmeza e coloração foram utilizadas 20 repetições, sendo cada repetição um morango

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. As variáveis que apresentaram interação entre os fatores estudados foram submetidas à análise de dados longitudinais (regressão polinomial), devido ao caráter quantitativo imposto pelo fator tempo avaliado. Para os teores de acetaldéido e de etanol, e para a taxa respiratória, as diferenças foram consideradas significativas quando as diferenças entre as médias de dois tratamentos foi maior que a soma de dois erros padrões (SHAMAILA; POWRIE; SKURA, 1992). Os dados foram analisados através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

5.3 Resultados e Discussões

Os morangos submetidos à atmosfera com 60 % O₂ + 40 % CO₂ não desenvolveram podridões durante o armazenamento. Enquanto, que os morangos sob atmosfera com 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O apresentaram a menor ocorrência de doenças (5,7 % de frutos doentes), seguido pelos armazenados em 80 % de N₂O + 20 % de O₂ e 90 % de O₂ + 10 % de N₂, com 18,7 % e 23,2 %, respectivamente, ao 14° dia de armazenamento (Tabela 1).

Tabela 1 - Ocorrência de doenças, expressa em porcentagem, em morango 'Oso Grande', submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR

Tempo (dia)	Tratamentos				
	0,03 % CO ₂ + 20 % O ₂	20 % O ₂ + 80 % N ₂ O	90% O ₂ + 10 % N ₂	40 % CO ₂ + 60 % O ₂	20 % CO ₂ + 20 % O ₂ + 60 % N ₂ O
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0
4	7,4	3,3	1,3	0,0	0,0
6	12,5	5,3	5,3	0,0	1,3
8	13,8	7,3	8,0	0,0	1,5
10	27,0	10,0	10,0	-	2,5
12	51,5	16,0	18,3	-	4,5
14	-	18,7	23,2	-	5,7

Obs: As porcentagens foram calculadas pela relação entre o número de frutos com podridões e o número total de frutos avaliados (n=110).

Zheng; Yang; Chen, (2008) relataram resultados semelhantes quando armazenaram morangos em atmosferas com 60 % e 80 %, a 5 °C, que apresentaram baixa incidência de frutos doentes, 13,5 % e 11,2 %, respectivamente. Perez e Sanz (2001) em morangos 'Camarosa', armazenado a 8°C, sob alta concentração de CO₂ e de O₂, também observaram redução na ocorrência de doenças ao nono dia.

Os morangos sob 80 % de N₂O + 20 % de O₂; 90 % de O₂ + 10 % de N₂ ou 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O apresentavam características para serem comercializados, como evidenciado pelas notas de aparência, no décimo quarto dia de armazenamento a 10 °C (Figura 1).

Figura 1 - Aparência de morango 'Oso Grande', submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. Aparência: 3 = ótimo; 2 = bom; 1 = ruim; e 0 = péssimo. **T1**- 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, **T2**- 80 % de N₂O + 20 % de O₂, **T3**- 90 % de O₂ + 10 % de N₂, **T4**- 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ e **T5**- 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O

O morango sob a atmosfera T1 (0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂) foi considerado inapto para o consumo no décimo segundo dia de armazenamento, por apresentar avançada senescência e alta incidência de doença, enquanto os frutos sob 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ (T4) mantiveram a ótima aparência por oito dias, porém foram considerados inadequados para o consumo, devido ao odor fermentado.

Os frutos acondicionados nas atmosferas de 80 % de N₂O + 20 % de O₂ (T2); 90 % de O₂ + 10 % de N₂ (T3) ou de 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O (T4), indicam eficiência da alta concentração do N₂O e do O₂ na conservação dos frutos. Os efeitos benéficos de altas concentrações de CO₂ (BRACKMANN et.al., 2001) e de N₂O (QADIR E HASHIMAGA, 2001) isolados já foram demonstrados em outros trabalhos, entretanto até o presente ensaio não havia relatos da utilização conjunta dos mesmos.

A técnica utilizada para medir a taxa respiratória dos frutos não permitiu avaliar a evolução dos armazenados com 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ e 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O, por apresentarem em suas composições alto teor de CO₂. A taxa respiratória dos morangos em ambiente com 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂ ou 90 % de O₂ + 10 % de N₂ aumentaram ao longo do armazenamento, com valor inicial de $22,7 \pm 0,9$ para $30,06 \pm 1,9$ mL kg⁻¹ h⁻¹, no décimo primeiro dia, enquanto os frutos sob 80 % de N₂O + 20 % de O₂ reduziram em 55 % após 24 horas de armazenamento, mantendo-se estável em $10,06 \pm 2,5$ mL kg⁻¹ h⁻¹, até o final do período (Figura 2).

Figura 2 - Atividade respiratória em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. submetidos a distintas atmosferas controlada, em armazenamento refrigerado (10 ± 1 °C e 95 ± 2 % UR). As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4). **T1**- 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, **T2**- 80 % de N₂O + 20 % de O₂, **T3**- 90 % de O₂ + 10 % de N₂

O efeito de altas concentrações de oxigênio sobre a respiração de vegetais é questionável, isto por que alguns autores relatam que essas concentrações causam estresse no vegetal, provocando redução da taxa respiratória nos primeiros dias com posterior aumento no final do armazenamento (WSZELAKI E MITCHAM, 2000). Escalona et.al., 2006 não observaram diferenças na taxa respiratória de alface sob alta concentração de O₂.

Morangos armazenados em ambientes com 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ ou 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O apresentaram aumento na produção de acetaldeído e etanol, com valor inicial de 0,4 ± 0,04 mg 100g⁻¹ de acetaldeído e 0,1 ± 0,01 mg 100g⁻¹ de etanol, já no oitavo dia os frutos sob 60 % de O₂ + 40 % de CO₂, encontravam-se com 54,8 ± 1,6 mg 100 g⁻¹ de acetaldeído e 42,4 ± 2,1 mg 100g⁻¹ de etanol, com odor de fermentado. Por outro lado, os frutos com 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O, apresentavam no décimo quarto dia de armazenamento, teores de 13,1 ± 0,1 mg 100g⁻¹, de acetaldeído, e 30,9 ± 1,4 mg 100g⁻¹, de etanol, sem apresentar odor de fermentado (Figura 3).

Figura 3 - Produção de etanol (A) e acetaldeído (B) em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. As barras verticais indicam o erro padrão da média (n=4). **T1**- 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, **T2**- 80 % de N₂O + 20 % de O₂, **T3**- 90 % de O₂ + 10 % de N₂, **T4**- 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ e **T5**- 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O

Os frutos em atmosfera de armazenamento com 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂ (T1); 80 % de N₂O + 20 % de O₂ (T2) ou 90 % de O₂ + 10 % de N₂(T3), não alteraram seus teores de acetaldeído, sendo de $0,83 \pm 0,08$ mg 100g⁻¹. Enquanto, os teores de etanol iniciais eram de $0,1 \pm 0,01$ mg 100g⁻¹, estes aumentaram para $2,43 \pm 0,2$ mg 100g⁻¹ nos frutos armazenados sob 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂; para $1,9 \pm 0,1$ mg 100g⁻¹ em atmosfera com 80 % de N₂O + 20 % de O₂; e para $6,3 \pm 0,4$ mg 100g⁻¹ nos com 90 % de O₂ + 10 % de N₂, no décimo segundo e décimo quarto dia, respectivamente, (Figura 3).

Valores elevados de acetaldeído e de etanol observados nos morangos acondicionados em 60 % de O₂ + 40 % de CO₂, também foram relatados por Perez e Sanz (2001) em morango 'Camarosa', armazenado ao ambiente com atmosfera de 80 % de O₂ + 20 % de CO₂.

Os benefícios da combinação de 60 % de O₂ com 40 % de CO₂, na redução de ocorrência de doenças foram superados pelos prejudiciais efeitos sobre o aroma e sabor dos morangos, enquanto. Enquanto, os efeitos do ambiente com 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O, foram notórios sem acarretar dano ao fruto.

A firmeza dos frutos demonstrou tendência de redução linear ao longo do armazenamento, sendo a maior redução observada no tratamento com 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O, com valor de 4,7 N no décimo quarto dia (Figura 4).

Figura 4 - Variação da firmeza em morangos 'Oso Grande', submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. T1- 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, T2- 80 % de N₂O + 20 % de O₂, T3- 90 % de O₂ + 10 % de N₂, T4- 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ e T5- 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O

O menor valor de firmeza observado nos frutos com 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 quando comparado aos morangos com 0,03 % de CO_2 + 20 % de O_2 , é contrário ao relatado por Perez e Sanz (2001) em morangos da cv. Camarosa sob atmosfera com 90 % de O_2 + 10% de CO_2 e 80 % de O_2 + 20% de CO_2 , que demonstraram maior firmeza que os frutos no ar atmosférico, no nono dia de armazenamento a 8 °C. Entretanto, Wszelaki e Mitcham (2000) na mesma cultivar sob 40 % de O_2 + 15% de CO_2 apresentavam menor firmeza que os submetidos ao ar. Isso demonstra que o uso da atmosfera controlada com alto teor CO_2 e de O_2 , possui resposta variável na pós-colheita frutas e hortaliças.

Os morangos armazenados em ambiente com 0,03 % de CO_2 + 20 % de O_2 e 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 apresentaram o mesmo comportamento na coloração. Enquanto, os frutos sob 80 % de N_2O + 20 % de O_2 , 90 % de O_2 + 10 % de N_2 e 20 % de O_2 + 20 % de CO_2 + 60 % de N_2O , foram semelhantes entre si, para a mesma variável (Figura 5).

A atmosfera com 0,03 % de CO_2 + 20 % de O_2 ou 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 , não permitiu a manutenção do brilho dos morangos, o que é demonstrado com a redução intensa na luminosidade (Figura 5 A) e no ângulo de cor (Figura 5 B). Gil; Holcroft; Kader (1997) relataram que morangos armazenados em atmosfera enriquecida com 40% de CO_2 apresentaram diminuição do ângulo de cor, enquanto Zheng; Yang; Chen, (2008) constataram que morango 'Fengxiang' sob ar atmosférico, 40 %, 60 %, 80 % e 100% de O_2 , não apresentavam diferença na luminosidade e no ângulo de cor.

Todos os tratamentos apresentaram alteração na cor, passando de vermelho brilhante para vermelho opaco, sendo essa mudança mais intensa nos morangos submetidos a atmosfera com 0,03 % de CO_2 + 20 % de O_2 ou 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 .

Figura 5 - Variação na luminosidade (A), ângulo de cor (B) e cromaticidade (C) em morangos ‘Oso Grande’ submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO_2 , O_2 e N_2O em armazenamento a 10°C e 95 % UR. **T1**- 0,03 % de CO_2 + 20 % de O_2 , **T2**- 80 % de N_2O + 20 % de O_2 , **T3**- 90 % de O_2 + 10 % de N_2 , **T4**- 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 e **T5**- 20 % de O_2 + 20 % de CO_2 + 60 % de N_2O

Os morangos reduziram os teores de sólidos solúveis no período de armazenamento, com o menor teor nos armazenados em ambiente com 90 % de O_2 + 10 % de N_2 , com valor de 6,8 °Brix (Figura 6), este resultado vai ao encontro do observado por Pérez e Sanz (2001) e Wszelaki e Mitcham (2000), que relataram que morangos em altas concentrações de oxigênio têm esse teor reduzido, quando comparado com os em ar atmosférico.

Figura 6 - Variação no teor de sólidos solúveis em morangos 'Oso Grande submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO_2 , O_2 e N_2O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. **T1**- 0,03 % de CO_2 + 20 % de O_2 , **T2**- 80 % de N_2O + 20 % de O_2 , **T3**- 90 % de O_2 + 10 % de N_2 , **T4**- 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 e **T5**- 20 % de O_2 + 20 % de CO_2 + 60 % de N_2O

A redução no teor de sólidos solúveis observado nos frutos em atmosfera com 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 (T4), e possivelmente impulsionada pela alta concentração de O_2 , pois segundo Gil; Holcroft; Kader, (1997) a alta concentração de CO_2 em morangos não apresentam diferenças nesses teores. Ao comparar os teores de sólidos solúveis dos frutos sob 20 % de O_2 + 20 % de CO_2 + 60 % de N_2O (T5), há a redução em 1 °Brix no período de armazenamento, reforça a idéia de que o alto oxigênio influencia diretamente a redução no teor de sólidos solúveis.

Morangos armazenados em atmosfera com 60 % de O_2 + 40 % de CO_2 ou 20 % de O_2 + 20 % de CO_2 + 60 % de N_2O , reduziram o teor de acidez titulável no período de armazenamento, enquanto os demais tratamentos não influenciaram na acidez (Figura 7). A redução observada possivelmente fora pelo alto teor de CO_2 na atmosfera de armazenamento, visto que o estudo com alta concentração de O_2 em morango (ZHENG et.al., 2007), e alta concentração de N_2O , em banana, (PALOMER et.al., 2005) não apresentam influências significativas neste teor.

Figura 7 – Variação no teor de acidez titulável (AT) em morangos 'Oso Grande submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. **T1**- 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, **T2**- 80 % de N₂O + 20 % de O₂, **T3**- 90 % de O₂ + 10 % de N₂, **T4**- 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ e **T5**- 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O

Gil; Holcroft; Kader (1997) e Holcroft e Kader (1999) reforçam o indício de que a redução da acidez titulável em morangos é influenciada com o alto teor de CO₂ na atmosfera de armazenamento, que observaram redução neste teor em morangos 'Selva' em ambiente com 10 %, 20 % e 40 % de CO₂.

A pequena diferença encontrada nos morangos sob 90 % de O₂ + 10 % de N₂ e 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, nos teores de sólidos solúveis e acidez titulável, vão ao encontro dos resultados obtidos por Zheng et.al. (2007) em morangos 'Allstar' sob diferentes concentrações de O₂ (21 %, 40 %, 60 %, 80 % e 100 %) a 5 °C.

As atmosferas de armazenamento influenciaram os teores de ácido ascórbico dos morangos, que apresentaram redução durante o período de armazenamento, sendo esta de 12 %, 14 %, 21 %, 26 % e 39 %, para os sob 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂ (T1); 80 % de N₂O + 20 % de O₂ (T2); 90 % de O₂ + 10 % de N₂(T3); 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O (T5) e 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ (T4), respectivamente, (Figura 8).

Figura 8 - Variação no teor de ácido ascórbico em morangos 'Oso Grande submetidos a atmosfera com diferentes concentrações de CO₂, O₂ e N₂O em armazenamento a 10 °C e 95 % UR. **T1**- 0,03 % de CO₂ + 20 % de O₂, **T2**- 80 % de N₂O + 20 % de O₂, **T3**- 90 % de O₂ + 10 % de N₂, **T4**- 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ e **T5**- 20 % de O₂ + 20 % de CO₂ + 60 % de N₂O

Agar; Streif; Bangerth (1997) relataram que em morangos a redução no teor de Vitamina C (ácido ascórbico + ácido dehidroascórbico) é impulsionada pela diminuição do ácido ascórbico, neste caso, pela oxidação irreversível deste para o ácido 2,3 diketo-glucônico, que também pode ser estimulada pelos elevados níveis atmosféricos de CO₂.

5.4 Conclusões

Morangos da cultivar Oso Grande armazenados a 10°C sob a atmosfera controlada com 80 % N₂O + 20 % O₂, 90 % O₂ + 10 % N₂ ou 20 % O₂ + 20 % CO₂ + 60 % N₂O (T5) conservam as características comerciais por até 14 dias.

A atmosfera com 60 % de O₂ + 40 % de CO₂ proporciona aos morangos condições desfavoráveis de armazenamento acarretando em elevados níveis de acetaldeído e etanol.

As elevadas concentrações isoladas de oxigênio ou óxido nitroso demonstraram serem eficientes na manutenção da qualidade dos frutos, bem como a combinação de altos teores de dióxido de carbono e de óxido nitroso mostraram-se eficazes na redução de ocorrências de doenças em morangos.

Referência

A.O.A.C. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 16th ed. Washington: Ed. Patrícia Canniff, 1997. v.2, cap.37, p.6, p.10-11; cap. 42, p.2-3.

AGAR, I.T.; STREIF, J.; BANGERTH, F. Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v. 11, n. 1, p. 47-55, 1997.

ALLENDE, A.; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J.; ARTÉS, F. Effect of super atmospheric oxygen packaging on sensorial quality, spoilage, and *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas caviae* growth in fresh processed 1 mixed salads. **Journal Food Protection**, Des Moines, v.65, n. 10, p.1565–1573, 2002.

ALMENAR, E.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; LAGARÓN, J.M.; CATALÁ, R.; GAVARA, R. Controlled atmosphere storage of wild strawberry fruit (*Fragaria vesca* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v 54, p. 86-91. 2006

BLEINROTH, E.W. Recomendações para armazenamento. **Toda Fruta**, São Paulo, v. 5, p. 34-37, 1986.

BRACKMANN, A.; HUNSCHE, M.; WACLAVOWSKY, A.J; DONAZZOLO, J. Armazenamento de morangos cv. Oso Grande (*Fragaria Ananassa* L.) sob elevadas pressões parciais de CO₂. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.7, n.1, p.10-14, 2001.

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, v.6, p.733-739, 1989.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: FAEPE, 2005. 783p.

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**. Wageningen, n.39, p. 48-55. 2006.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45^ª 2000. São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar Jul 2000. p.255-258.

FLORES-CANTILLANO, F. **Morango: pós-colheita**. Brasília. DF: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 28 p. (Frutas do Brasil, 42).

FLORES-CANTILLANO, R.F. Colheita e pós-coleita. In: PEREIRA, D.P.; BANDEIRA, D.L.; QUINCOZES, E. da R.F. (Ed.). **Sistema de produção do morango**. Pelotas. EMBRAPA Clima Temperado, 2005. (EMBRAPA Clima Temperado. Sistema de produção, 5) Versão Eletrônica. Disponível em:

<<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Morango/SistemaProducaoMorango/cap12.htm>>. Acesso em: 5 fev 2008.

GIL, M.I.; HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments. **Journal Agricultural Food Chemistry**. Washington, 45, p. 1662-1667, 1997

GOUBLE, H.; FATH, D.; PIERRE, S. Nitrous oxide inhibition of ethylene production in ripening and senescing climacteric fruits. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, p. 311-321, 1995.

HOLCROFT, D.M.; KADER, A.A. Controlles atmosphere-induced changes em pH and organic acid metabolim may affect color of stored strawberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.17, 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 end Technology**. Wageningen , v.20, p. 1-13, 2000.

KADER, A.A. A summary of CA requirements and recommendations for fruits other than apples and pears. 8th.ed. **Acta Horticulturae**. In: INTERNATIONAL CONTROLLED ATMOSPHERE RESEARCH CONFERENCE, Holanda, n.600, p.737-740, 2003.

KAYS, S.J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI Book, 1991. 532p.

MALGARIM, M.B.; CANTILLANO FLORES, R.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.

NUNES, M.C.N.; MORAIS, A.M.M.B.; BRECHT, J.K.; SARGENT, S.A. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. **Journal of the American Society for Horticultural Science**. Alexandria, n.127, v. 5, p. 856-842, 2002.

PALOMER, X.; ROIG-VILLANOVA, I.; GRIMA-CALVO, D.; VENDRELL, M. Effects of nitrous oxide (N₂O) treatment on the postharvest ripening of banana fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Wageningen, v.36, p. 167-175, 2005.

PÉREZ, A.G.; ZANZ, C. Effect of hight-Oxigen and High-Carbon-Dioxide Atmospheres on Strawberry flavor and other quality traits. **Journal Food Chemistry**. Washington, v.49, p. 2370-2375, 2001.

QADIR, A.; HASHINAGA, F. Inhibition of postharvest decay of fruits by nitrous oxide. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 22, p. 279-283, 2001.

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**, Canadá, 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.

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.

ZHANG, J.Z.J.; WATKINS, C.B. Fruit quality, fermentation products, and activities of associated enzymes during elevated CO₂ treatment of strawberry fruit at high and low temperatures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.130, n.1, p.124-130, 2005.

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.

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, p. 470-474, 2008.