

## AVALIAÇÃO DE ATMOSFERAS COM ALTOS NÍVEIS DE OXIGÊNIO EM MANGAS ‘Tommy Atkins’.

JOSÉ MARIA M. SIGRIST<sup>(1)</sup>, ELIANE A. BENATO<sup>(1)</sup>, ANGELA TOLEDO DINI<sup>(2)</sup> y FÁBIO KEITI AKIHO KUBOTANI<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Grupo de Engenharia e Pós-Colheita (GEPC), Av. Brasil, 2880, CEP:13070-178, Campinas, SP, Brasil, fone/fax: (19)37431836, [jmms@ital.sp.gov.br](mailto:jmms@ital.sp.gov.br); [benato@ital.sp.gov.br](mailto:benato@ital.sp.gov.br).

<sup>(2)</sup>Bolsista FAPESP/TT-3, [angeladini@yahoo.com.br](mailto:angeladini@yahoo.com.br);

<sup>(3)</sup>Bolsista CNPq/PIBIC, [fabiokeiti@gmail.com](mailto:fabiokeiti@gmail.com).

**Palavras chaves:** *Mangífera indica* L. – metabolismo - amadurecimento

### RESUMO

Concentrações de O<sub>2</sub> superiores a 21kPa podem aumentar, reduzir ou não influenciar as taxas de respiração, produção de etileno e o amadurecimento de frutas. O objetivo desse estudo foi o de avaliar a influência de altos níveis de O<sub>2</sub> no metabolismo e amadurecimento de mangas ‘Tommy Atkins’, uma das cultivares mais exportadas para a Europa. Mangas ‘verdes, fisiologicamente desenvolvidas’ foram submetidas a: a) 20kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; b) 40kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; c) 60kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; d) 80kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; e) 90kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>. Essas misturas foram fornecidas às frutas a 4L h<sup>-1</sup>, em fluxo contínuo, através de um fluxocentro, em uma câmara a 25°C. Durante 10 dias de experimentação, análises cromatográficas de CO<sub>2</sub> foram realizadas diariamente, em 4 frascos de cada um dos tratamentos, sendo que cada frasco possuía 2 mangas e estavam conectados ao fluxocentro. Aos 0, 3, 6 e 10 dias, foram determinados em 10 frutas de cada tratamento: pH, acidez titulável, sólidos solúveis, resistência da polpa à penetração e cor da casca e da polpa (L\*, Chroma e Hue). Os resultados foram submetidos à análise de variância em delineamento completamente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P≤0,05), à exceção dos dados de CO<sub>2</sub>. As taxas de respiração das mangas foram levemente influenciadas pelo O<sub>2</sub>, sendo que a 80kPa, a respiração dos frutos foi levemente superior, durante os 10 dias de análise. De modo geral, a respiração das mangas ‘Tommy Atkins’ variou de 80mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> a aproximadamente 240mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Os diferentes níveis de O<sub>2</sub> não influenciaram os parâmetros químicos, físicos e físico-químicos das frutas, que prosseguiram normalmente e de forma esperada. Como conclusão, tem-se que atmosferas contendo elevados níveis de O<sub>2</sub> podem influenciar levemente o metabolismo de mangas ‘Tommy Atkins’, sem que haja reflexos em seu amadurecimento.

### EVALUATION OF SUPERATMOSPHERIC OXYGEN LEVELS ON ‘TOMMY ATKINS’ MANGOES

**Keywords:** *Mangífera indica* L. – metabolism - ripening.

### ABSTRACT

Oxygen concentrations higher than 21kPa may stimulate, have no effect, or reduce rates of respiration and ethylene production and fruit ripening. The objective of this study was to evaluate the influence of high O<sub>2</sub> levels on the metabolism and ripening process of 'Tommy

Atkins' mangoes. Mature-green fruits were enclosed in glass containers - 2 fruits per jar for CO<sub>2</sub> determination and 10 fruits per jar for chemical analysis - and submitted to: a) 20kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; b) 40kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; c) 60kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; d) 80kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>; and) 90kPa O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>. The gas mixtures were continuously supplied to the fruits at 4L h<sup>-1</sup>, through a flow-board system, in a storage-room at 25°C. Gas samples from the jars (4 replicates per treatment) were daily assayed for CO<sub>2</sub> determination by using gas chromatography analysis. Initially and at the 3<sup>rd</sup>, 6<sup>th</sup>, and 10<sup>th</sup> day during storage, 10 fruits of each treatment were analyzed for: pH, titratable acidity, soluble solids, pulp rupture force (N) and peel and pulp colors (L\*, Chroma and Hue). The results were subject to statistical analysis of variance in a completely random design followed by Tukey's test (P≤0,05), exception for CO<sub>2</sub> data. 'Tommy Atkins' respiration rates were slightly influenced by high O<sub>2</sub> levels as the fruit under 80kPa O<sub>2</sub> had the highest CO<sub>2</sub> production during storage. In general, the respiration rates varied from 80mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> to approximately 240mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. High O<sub>2</sub> levels did not influence any of the physical-chemical parameters of the fruits. As a conclusion, super atmospheric oxygen levels may slightly stimulate the 'Tommy Atkins' metabolism without any impact in its ripening process.

## INTRODUÇÃO

O uso de baixas concentrações de O<sub>2</sub> (1 a 5kPa) e altas de CO<sub>2</sub> (5 a 10kPa) em combinação com refrigeração tem sido proposto como condições ótimas de armazenamento para várias frutas e hortaliças (Church, 1994; Jacxsens *et al.*, 1999; Ahvenainen, 1996 & Kader, 2003).

Recentemente, atmosferas com altos níveis de O<sub>2</sub> têm sido sugeridas como uma inovação da atmosfera controlada ou modificada, por influenciar a fisiologia e a manutenção de qualidade desses produtos, inibir o escurecimento enzimático, prevenir reações de fermentação anaeróbica e alterar o crescimento de microrganismos aeróbicos e anaeróbicos (Day, 2000).

Segundo Kader e Ben-Yehoshua (2000) a exposição em atmosferas com elevados níveis de O<sub>2</sub> pode estimular, não apresentar efeito ou reduzir a taxa respiratória, uma vez que depende do produto, maturidade e estágio de amadurecimento, concentração de O<sub>2</sub>, tempo e temperatura de estocagem e as concentrações de CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Além disso, concentrações de O<sub>2</sub> maiores que 21kPa pode influenciar a manutenção da qualidade fisiológica pós-colheita de frutas e hortaliças frescas perecíveis e também direta ou indiretamente a produção das taxas de CO<sub>2</sub> e C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

A respiração de nêspers tratadas com 90kPa O<sub>2</sub> decresceu marcadamente durante armazenamento a 1°C por 35 dias, enquanto que a acidez titulável e o teor de sólidos solúveis decresceram a uma taxa menor (Zheng *et al.*, 2000).

Com morangos, Wszelaki & Mitcham (2000) relatam que a respiração, produção de etileno, firmeza, teor de sólidos solúveis, acidez titulável e cor externa foram moderadamente afetadas pelos tratamentos contendo altos níveis de oxigênio (40, 60, 80, 90 ou 100 kPa), durante 14 dias de armazenamento a 5°C.

Techavuthiporn *et al* (2006) relatam que a respiração de lichias parece ter sido estimulada por níveis elevados de O<sub>2</sub> (50, 70 ou 90kPa) a 4°C e 90-95% de umidade relativa.

Morris & Kader (1975) relataram que atmosfera de 30 e 50kPa de O<sub>2</sub> aceleraram a produção de etileno e o amadurecimento de tomates *mature-green* e *breaker* estocados a 20°C. Em contra partida, a exposição em atmosferas com 80 e 100kPa de O<sub>2</sub> reduziram a produção de etileno e retardaram o amadurecimento de tomates *mature-green* e *breaker* a 20°C.

Pêras "Bartlett" mantidas a 100kPa de O<sub>2</sub> e 20°C apresentaram maior taxa de produção de etileno, degradação da clorofila e amolecimento do que as mantidas em ar (Frenkel, 1975).

Lu & Toivonen (2000) observaram uma taxa de escurecimento mais lenta durante a estocagem a 1°C por 2 semanas de pedaços de maçã ‘Spartan’ que foram mantidas em 100kPa de O<sub>2</sub> por 12 dias a 1°C antes do processamento, comparadas com as mantidas em ar. Já Gorney & Kader (1998) citados por Kader & Ben-Yehoshua (2000) encontraram que pedaços de pêra ‘Bartlett’ expostos a 40, 60, ou 80kPa de O<sub>2</sub> por 4 dias a 10°C não sofreram influência da taxa de escurecimento comparadas com pedaços mantidos em ar.

Pérez e Sanz (2001) relatam morangos com valores de sólidos solúveis significativamente menores em atmosfera com altos níveis de O<sub>2</sub> comparados com os submetidos a atmosfera de 5kPa O<sub>2</sub> + 20kPa CO<sub>2</sub> ou ar, atribuindo esse menor valor ao aumento da taxa de respiração dos morangos, a qual consome açúcar. Contudo, morangos estocados sob as atmosferas de altos níveis de O<sub>2</sub> mostraram-se mais firmes em todos os dias de amostragem e a cor não apresentou diferença significativa para estas atmosferas quando comparadas com o ar.

Como para mangas, uma das fruteiras de maior importância econômica no Brasil, nenhum dado foi encontrado na literatura, o objetivo desse trabalho foi o de estudar a influência de altas concentrações de oxigênio nessas frutas, especialmente na cultivar ‘Tommy Atkins’, uma das mais exportadas para a Europa e Estados Unidos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Mangas ‘Tommy Atkins’ colhidas no estádio “de vez”, em Ibirá (SP), foram imediatamente transportadas para o Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, Campinas (SP).

Após serem selecionadas quanto ao tamanho, estádio de maturação, ausência de defeitos e sintomas de doenças e os pedúnculos cortados rente aos “ombros”, foram lavadas para retirada de sujidades e de látex e secas ao ambiente.

Grupadas duas a duas, foram pesadas e colocadas em frascos de vidro de 3.6L de capacidade. Ao todo foram utilizados 20 frascos de vidro, para que cada um dos 5 tratamentos (kPa de O<sub>2</sub>) tivesse 4 repetições.

Após serem fechados com tampas plásticas com dois furos (entrada e saída de gases), os frascos foram conectados a fluxocentros (modificado de Claypool & Keefer, 1942; Calbo, 1989), instalados em câmara frigorífica a 25°C.

Os fluxocentros estavam conectados através de mangueiras plásticas e válvulas de duplo estágio a cilindros de gases contendo as seguintes misturas gasosas: 1) ar ambiente (~ 20kPa O<sub>2</sub> + 79kPa N<sub>2</sub>) – suprido aos frascos através de um compressor de ar comprimido, com filtro de linha; 2) 40kPa O<sub>2</sub>; 3) 60kPa O<sub>2</sub>; 4) 80kPa O<sub>2</sub> e 5) 90kPa O<sub>2</sub>. O balanço dessas misturas também foi o N<sub>2</sub>, preparadas e certificadas pela Air Liquide Brasil.

O fluxo de ar e de cada mistura fornecida aos frascos foi de aproximadamente 4 L h<sup>-1</sup> para cada uma das repetições.

Antes de ir para os fluxocentros, o ar ambiente e as misturas passavam por uma solução a 20% de cal hidratada e em outra, a 20% de permanganato de potássio, para que ficassem livres de gás carbônico e de etileno, respectivamente.

Baldes herméticos, com 10 mangas em cada um deles, também foram conectados ao fluxocentro, para que as frutas fossem analisadas física e quimicamente aos 0, 3, 6 e 10 dias de permanência a 25°C, sob as diferentes concentrações de O<sub>2</sub> (20, 40, 60, 80 ou 90kPa).

As taxas respiratórias (gás carbônico) e de produção de etileno foram determinadas utilizando-se 500 µL de ar retirados de cada um dos frascos, com o auxílio de uma seringa à prova de vazamentos (“gas tight”). Essas amostras de ar foram injetadas em um Cromatógrafo a Gás, marca Varian, modelo Star 3400. Equipado com coluna Peneira Molecular, de 1m de

comprimento e detector de condutividade térmica (“TCD”) para determinação de CO<sub>2</sub>, foi operado a 150, 60 e 200°C para injetor, coluna e detector, respectivamente. O ar sintético foi utilizado como gás de arraste a 30 mL min<sup>-1</sup>. Para as determinações de etileno (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>), foram utilizados uma coluna Porapak-N, de 1 m de comprimento e o detector de ionização de chamas (“FID”) no mesmo cromatógrafo. As mesmas temperaturas para o injetor, coluna e detector foram utilizadas. Neste caso, tendo o hélio como gás de arraste, a 30 mL min<sup>-1</sup> e, para a chama, o ar sintético e o hidrogênio, a 300 e 70 mL min<sup>-1</sup>, respectivamente. O gás carbônico foi quantificado pela calibração com padrões de 10% de CO<sub>2</sub> e o etileno, com padrão de 9,8 µL L<sup>-1</sup>. Análises de respiração dos frutos (produção de CO<sub>2</sub>) e de produção de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> foram realizadas diariamente, durante o período de experimentação a 25°C.

As seguintes análises físicas e químicas foram realizadas nas mangas contidas nos baldes, nos 0, 3º, 6º e 10º dias: a) pH: determinado por leitura direta em pHmetro digital da Micronal, modelo B-274; b) acidez titulável: determinada por titulação potenciométrica (Carvalho et al., 1990); c) sólidos solúveis: determinado com um refratômetro Atago (modelo N1) com escala de 0 a 32ºBrix – em sucos retirados, com auxílio de espátula, das partes medianas das duas metades das mangas, cortadas transversalmente, ao redor do caroço; d) firmeza (resistência da polpa à penetração) - medida em dois pontos, opostos, na região equatorial dos frutos através do analisador de textura TAXT-2i da Stable Micro System (SMS), com ponteira cilíndrica de 8 mm, a uma taxa de deformação de 1 mm s<sup>-1</sup> e penetração máxima de 9 mm; e) cor da casca: medida com colorímetro MINOLTA CR 300 utilizando-se o sistema L, a, b, em quatro pontos; sendo 02 opostos, logo abaixo da região basal (peduncular) e os outros, também opostos, logo acima da região apical do fruto - com base nesses dados foram calculados os valores de Hue e Chroma de acordo com as equações: Hue = tg<sup>-1</sup> (b/a) e Chroma (C) = (a<sup>2</sup> + b<sup>2</sup>)<sup>1/2</sup>; f) cor da polpa: medida e determinada da mesma forma que a cor da casca, em duas metades da fruta, cortada transversalmente, ao redor da região do caroço.

Essas análises foram realizadas em cada uma das 10 mangas contidas nos baldes, sendo que cada fruta foi considerada uma repetição. Os resultados de cada parâmetro analisado foram submetidos à análise de variância, em esquema inteiramente casualizado e as médias obtidas de cada tratamento comparadas pelo teste de Tukey (P ≤ 0.05).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a. Taxa respiratória

Os diferentes níveis de oxigênio influenciaram levemente a respiração de mangas ‘Tommy Atkins’ colhidas no estádio “de vez” e mantidas por 10 dias a 25°C (Figura 1).

Observa-se que as respirações dos frutos variaram de aproximadamente 80mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, no 1º dia a 25°C, a valores superiores a 200mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, já no 3º dia, como no caso das mangas expostas a 90kPa O<sub>2</sub>. De qualquer forma, os frutos de todos os tratamentos tenderam a valores próximos de 200mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ao longo dos 10 dias de manutenção a 25°C.

Níveis de O<sub>2</sub> de 80kPa fizeram com que as respirações dos frutos fossem ligeiramente superiores aos dos demais tratamentos, na maior parte do período de manutenção a 25°C.

Os resultados obtidos neste experimento vêm ao encontro daqueles observados por Wszelaki & Mitcham (2000) que descrevem a respiração de morangos ‘Camarosa’ ter sido levemente afetada por concentrações de O<sub>2</sub> de 40, 60, 80, 90 ou 100kPa.

Citando vários exemplos de trabalhos realizados com a aplicação de altos níveis de O<sub>2</sub> em diferentes frutas, Kader & Ben-Yehoshua (2000) afirmam que a exposição a elevadas concentrações deste gás pode estimular, não ter nenhum efeito ou reduzir as taxas de

respiração e de produção de etileno, dependendo do produto, do estágio de maturação, da temperatura e do tempo de armazenamento, dentre outros fatores.

#### **b. Produção de Etileno**

Nas condições cromatográficas adotadas nesse experimento, não se detectou a presença desse gás em nenhum dia de análise; ou seja, a produção de etileno deve ter sido inferior a 0,1 ppm, limite mínimo de detecção desse gás no cromatógrafo utilizado. Esses dados vêm ao encontro dos obtidos por Ben-Arie et al. (2001) que observaram níveis de produção de etileno para mangas ‘Tommy Atkins’ inferiores a 10 ppb, durante 3 semanas de armazenamento a 12°C. Por outro lado, Mohammed & Brecht (2002) fazem referência à produção de etileno de mangas ‘Tommy Atkins’ ao redor de 0,9 ppm para frutos fisiologicamente desenvolvidos, mantidos por 18 dias a 5°C + 3 dias a 20°C.

#### **c. pH e Acidez Titulável**

O pH das mangas “Tommy Atkins” apresentou tendência de aumento ao longo do período de permanência dos frutos a 25°C, independentemente dos tratamentos, apesar da diferença significativa apresentada pelas frutas submetidas a 40kPa, no 10º dia (Figura 2).

Com o aumento do pH, ocorreu a diminuição da acidez dos frutos (Figura 3).

Embora o aumento do pH tenha sido de 3,5 a aproximadamente 4,5, a queda da acidez foi muito mais pronunciada para todos os tratamentos, variando de 0,7 a 0,1 mg de ácido cítrico (100g polpa)<sup>-1</sup>.

Novamente, nenhuma das altas concentrações de O<sub>2</sub> influenciou significativamente a acidez titulável das mangas, à exceção do 10º dia, quando as frutas submetidas a 40kPa de O<sub>2</sub> apresentaram valores mais elevados para esse parâmetro. Wszelaki & Mitcham (2000) observaram que a acidez titulável de morangos submetidos ao ar, 40, 60, 80, 90 e 100kPa de O<sub>2</sub> também não diferiram significativamente entre esses tratamentos. Porém, Tian et al. (2002) observaram que 70kPa O<sub>2</sub> manteve o pH de longan em níveis mais baixos que os dos demais tratamentos.

Valores de pH entre 3,41 a 3,83 são relatados para mangas “Tommy Atkins” armazenadas por 22 dias a 10°C e 85% de umidade relativa (Freire Júnior & Chitarra, 1999). Quanto à acidez titulável, eles encontraram valores pouco superiores aos desse estudo, ou seja, decrescendo de 0,95 a 0,74 % de ácido cítrico.

O comportamento do pH e acidez das mangas apresentou tendência normal de avanço do amadurecimento dos frutos, não havendo efeito dos diferentes níveis de O<sub>2</sub>.

#### **c. Sólidos Solúveis (°Brix)**

Característica, também, do avanço do amadurecimento de mangas, é o aumento no teor de sólidos solúveis, como o observado na Figura 4.

Durante os três primeiros dias, observa-se um aumento de 3 a 6 °Brix nas polpas das mangas submetidas aos diferentes tratamentos com O<sub>2</sub> e, a partir desse dia, valores relativamente constantes até o final do período de experimentação.

Aumento acentuado no teor de sólidos solúveis de mangas “Tommy Atkins” foi observado nos primeiros 15 dias de armazenamento das frutas a 10°C e 85% de umidade relativa, sendo que após, houve manutenção desses níveis até o 22º dia (Freire Júnior & Chitarra, 1999).

Mais uma vez, nenhuma das elevadas concentrações de O<sub>2</sub> interferiu nos teores de sólidos solúveis da manga “Tommy Atkins”. No estudo desenvolvido por Tian et al. (2002), a concentração de 70kPa O<sub>2</sub> não teve influência nos valores de °Brix de longan.

#### **d. Firmeza (Resistência da Polpa à Penetração)**

A perda de firmeza dos frutos ocorreu de forma igual para os frutos de todos os tratamentos, sendo que nenhum deles diferiu dos frutos controle (Figura 5).

Em 10 dias de manutenção das mangas a 25°C, houve aproximadamente uma redução de 10 vezes nos valores iniciais das firmezas dos frutos, ou seja, de 100N passaram a ter 10N. Freire Júnior & Chitarra (1999) relatam valores iniciais de firmeza para mangas “Tommy Atkins” de 124,55N, valor esse bem próximo do que se obteve no presente estudo.

Frutas não-climatéricas, como o morango, quando armazenadas sob atmosferas com altos níveis de O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (80/20kPa e 90/10kPa) foram as mais firmes em quase todos os dias de análise, à exceção, em um dos dias (Pérez & Sanz, 2001). Porém, a eficiência destes altos níveis de O<sub>2</sub> foi muito similar ao encontrado para a atmosfera atualmente recomendada para esses frutos, ou seja, 5kPa O<sub>2</sub>/20kPa CO<sub>2</sub>. O mecanismo pelo qual, atmosferas com altos teores de O<sub>2</sub> contribuem para a firmeza dos frutos, tem sido estudado e a manutenção constante da atividade de enzimas hidrolizantes da parede celular tem sido proposta como o fator chave para explicar a retenção de firmeza em frutos pequenos (tipo cerejas) mantidos sob altos níveis de O<sub>2</sub>.

Wszelaki & Mitcham (2000) relatam que morangos armazenados sob 80kPa O<sub>2</sub> estavam mais firmes do que os frutos mantidos 14 dias a 5°C em ar. Porém, após mais 2 dias a 20°C, as combinações de altos teores de O<sub>2</sub> ou ar mais 15kPa CO<sub>2</sub> foram os que tiveram maiores valores de firmeza.

Com frutos climatéricos, como a banana, a exposição a altos níveis de O<sub>2</sub> por 5 dias resultou em aceleração do amolecimento (Jiang & Joyce, 2003). O amolecimento de bananas tratadas com 1-MCP por 12h, seguido de 5 dias de permanência sob altos níveis de O<sub>2</sub> a 25°C, aumentou à medida que se aumentava o teor de O<sub>2</sub>, de 21 a 100kPa. Porém, o amolecimento foi muito menor quando se comparava aos frutos não tratados com 1-MCP.

Os dados de firmeza do presente experimento demonstram, mais uma vez, que nenhum dos níveis estudados de O<sub>2</sub> foi capaz de estender a vida de pós-colheita de mangas “Tommy Atkins”.

#### **d. Cor da Casca**

A luminosidade (L) das cascas das mangas “Tommy Atkins” manteve-se praticamente a mesma durante os primeiros 6 dias do experimento, para todos os tratamentos. Diferenças entre os tratamentos foram observadas no 10º dia de análise, quando os frutos submetidos a 80 e 90kPa apresentaram-se com maior luminosidade que os do tratamento controle, embora com uma variação muito pequena, de 50 para 57, provavelmente, sem nenhuma implicação prática (dados não mostrados). Diferenças não significativas também foram obtidas para a luminosidade de morangos submetidos a altas concentrações de O<sub>2</sub> (80 e 90kPa) (PÉREZ & SANZ, 2001) e, apenas pouca diferença, quando Wszelaki & Mitcham (2000) submeteram morangos a altos níveis de O<sub>2</sub>.

Os valores de cor, **a** e **b**, foram convertidos em ângulo Hue, que deu uma melhor idéia da mudança de cor em mangas “Tommy Atkins” durante o período de experimentação (dados não mostrados). Durante os 3 primeiros dias, o Hue passou de valores do 2º quadrante do mapa de cores para valores do Iº quadrante, no 6º dia, significando que as mangas passaram de verde para amarela. Após, permaneceram com essa coloração até o 10º dia. Novamente, nenhum dos tratamentos influenciou significativamente a coloração das frutas, em nenhum dia de análise. Valores próximos de 0º (limite do Iº para o IVº quadrante do mapa de cores = cor vermelha) para mangas submetidas a 40kPa O<sub>2</sub> foram devidos à predominância da cor vermelha na casca das mangas analisadas naquele dia (10º dia). Wszelaki & Mitcham (2000) também observaram alterações no ângulo Hue de morangos submetidos a altos níveis de O<sub>2</sub> (60 e 80kPa) quando comparados com as amostras iniciais, indicando presença de mais coloração vermelha nesses frutos.

Houve tendência de aumento da saturação ou da intensidade da cor amarela durante todo o período do estudo. Os valores de Chroma aumentaram ao longo do tempo, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos até o 6º dia (dados não mostrados). No 10º dia, a maioria das concentrações de O<sub>2</sub> fizeram com que os frutos apresentassem coloração amarela mais intensa, mais saturada, quando comparada aos dos frutos controle. Na prática, foi observado um maior amadurecimento dos frutos, tendendo a frutos “passados”. Houve diminuição do Chroma para os frutos sob 40kPa O<sub>2</sub>, no 10º dia, talvez devido à presença da coloração vermelha na casca das frutas.

#### **e. Cor da Polpa**

Diferentemente da casca, que passa de verde escuro para amarela, a cor da polpa evolui de creme para amarela-alaranjada, ou seja, de uma cor com mais luminosidade para outra com menos luminosidade, razão pela qual observa-se uma leve queda nos valores de L, de 75 para ao redor de 65 (dados não mostrados).

Diferenças significativas nos valores de L começam a ser notada a partir do 6º dia, para os frutos submetidos a 60KPa O<sub>2</sub> em relação aos frutos do tratamento controle. Porém, de forma inconsistente, pois no 6º dia eles apresentam maior luminosidade e, no 10º, menor luminosidade do que os frutos controle. Comportamento semelhante também tem os frutos sob 40kPa O<sub>2</sub> nos 6º e 10º dias. Podridão do caroço dos frutos, não observada externamente, podem ter influenciado esses dados.

Essa podridão do caroço também refletiu nos valores de Hue e Chroma para os frutos submetidos a 60kPa O<sub>2</sub>, pois no 10º dia, foram os únicos frutos que diferiram dos demais (valores não mostrados). Observou-se que houve aumento nos valores de Hue nos 3 primeiros dias, estabilização do 3º ao 6º dia, e, decréscimo no 10º dia. Isso significa que de creme foi a amarelo e, como o Chroma também decresceu, houve escurecimento da polpa, devido à evolução de podridões do caroço.

### **CONCLUSÃO**

Atmosferas contendo elevados níveis de O<sub>2</sub> influenciam levemente o metabolismo de mangas ‘Tommy Atkins’, sem reflexos em seu amadurecimento.

### **AGRADECIMENTOS**

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de auxílio financeiro para a realização dessa pesquisa (Processo 04/13210-4) e bolsa de treinamento técnico (TT-3) à co-autora desse trabalho (Processo 05/60886-6).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) que, através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC), concedeu Bolsa ao co-autor desse trabalho.

À AIR LIQUIDE do Brasil pela doação de cilindros de misturas de gases, contendo altos níveis de oxigênio, utilizados nessa pesquisa.

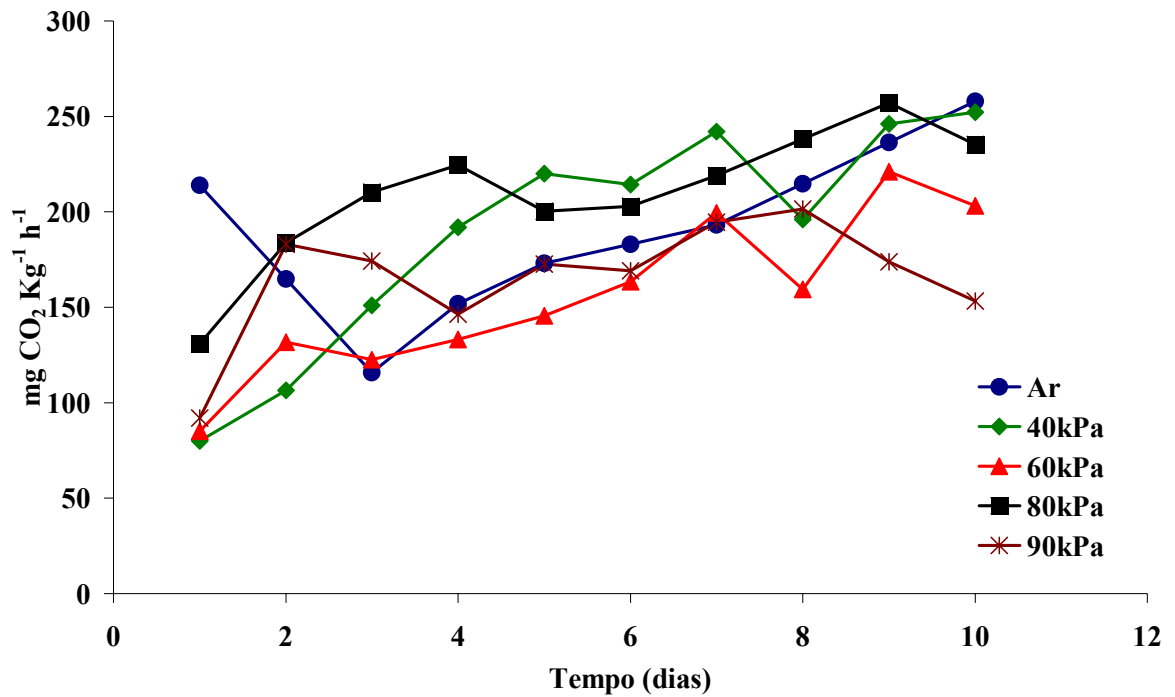
### **BIBLIOGRAFÍA**

- Ahvenainen, R. 1996. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*. (7):179-187.
- Ben-Arie, R. et al. 2001. Effect of modified atmosphere packaging on mango ripening. *Acta Horticulturae*. 553(2):607-609.

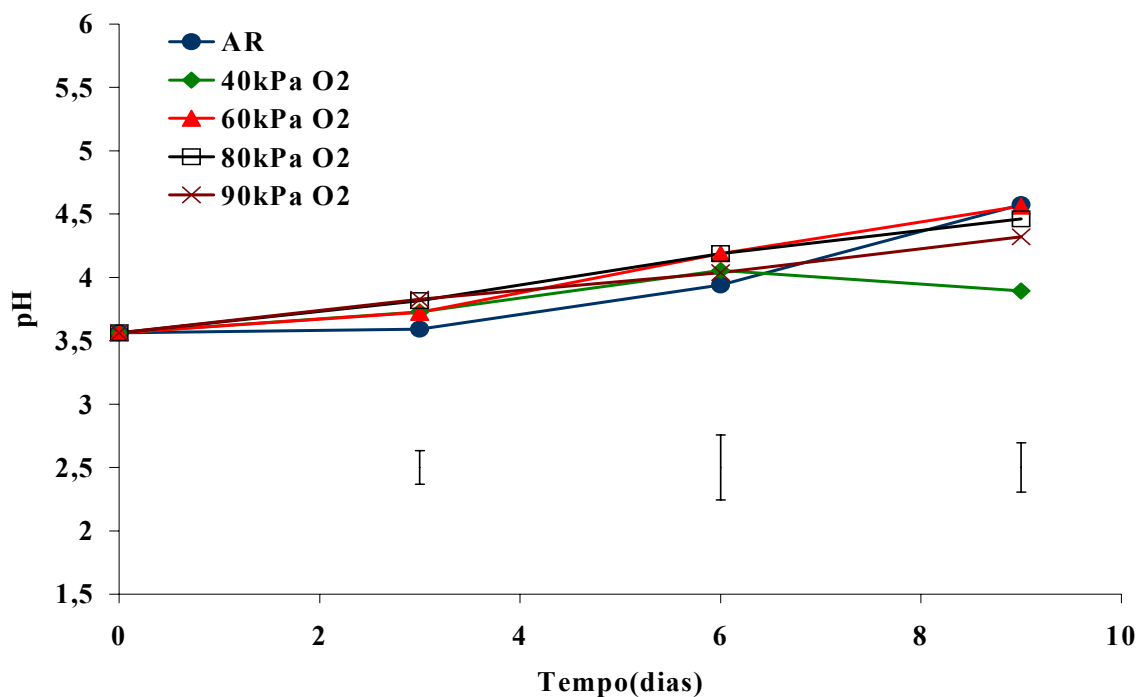
- Calbo, A. G. 1989. Adaptação de um fluxocentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 24(6):733-739.
- Carvalho, C. R. L.; Mantovani, D. M. B.; Carvalho, P. R. N. ; Moraes, R. M. M. 1990. *Análises Químicas de Alimentos*. ITAL, Campinas. 121pp.
- Church, N. 1994. Developments in modified atmosphere packaging and related technologies. *Trends in Food Science and Technology*. 5:345-352.
- Claypool, L.L. & Keefer, R.M. 1942. A colorimetric method for CO<sub>2</sub> determination in respiration studies. *Proceeding American Society Horticultural Science*. 40:177-186.
- Day, B.P.F. 2000. Novel MAP for freshly prepared fruit and vegetable products. *Postharvest News Info*. 11(3):27-31.
- Freire Junior, M.; Chitarra, B.A. 1999. Efeito da Aplicação do Cloreto de cálcio nos frutos da manga “Tommy Atkins” tratados hidrotérmicamente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 34(5):761-769.
- Frenkel, C. 1975. Oxidative turnover of auxins in relation to onset of ripening in Bartlett pear. *Plant Physiology*. 55:480-484.
- Jacxsens, L.; Devlieghere, F.; Debevere, J. 1999. Validation of a systematic approach to design equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut produce. *Food science and technology*. 32:425-432.
- Jiang, Y; Joyce, C. D, 2003. Softening response of 1-methylcyclopropene-treated banana fruit to high oxygen atmospheres. *Plant Growth Regulation*. 41:225-229.
- Kader, A.A. & Ben-Yehoshua, S. 2000. Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*. 20:1-13.
- Kader, A.A. 2003. Postharvest biology and technology: an overview. In: Kader, A. A. (ed.) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources. Oakland, California. p. 39-48.
- Lu, C.; Toivonen, P.M.A. 2000. Effect of 1 and 100 kPa O<sub>2</sub> atmospheric pretreatments of whole ‘Spartan’ apples on subsequent quality and shelf life of slices stored in modified atmospheres packages. *Postharvest Biology and Technology*. 18: 99-107.
- Mohammed, M. & Brecht, J.K. 2002. Reduction of chilling injury in ‘Tommy Atkins’ mangoes during ripening. *Scientia Horticulturae*. 95(4):297-308.
- Morris, L.L.; Kader, A.A. 1975. Postharvest physiology of tomato fruits. In: *Fresh market tomato research-1975*, Vegetable Crops Series. University of California, Davis, CA. 176:69-84.
- Pérez, A.G.; Sanz, C. 2001. Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49:2370-2375.
- Techavuthiporn, C.; Niyomlao, W. & Kanlayanarat, S. 2006. Superatmospheric oxygen retards pericarp browning of litchi cv. ‘Hong Huay’. *Acta Horticulturae*. 712(2):629-634.
- Tian, S; Xu, Y; Jiang, A; Gong, Q. 2002. Physiological and quality responses of longan fruit to high O<sub>2</sub> or CO<sub>2</sub> atmospheres in storage. *Postharvest Biology and Technology*. 24(3):335-340.
- Wszelaki, A.L.; Mitcham, E.J. 2000. Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay. *Postharvest Biology and Technology*. 20(2):125-133.
- Zheng, Y.; Su, X.; Li, Q.; Li, S. & Xi, Y. 2000. Effect of high oxygen on respiration rate, polyphenol oxidase activity and quality in postharvest loquat fruits. *Plant-Physiology-Communications*. 36(4):318-320.



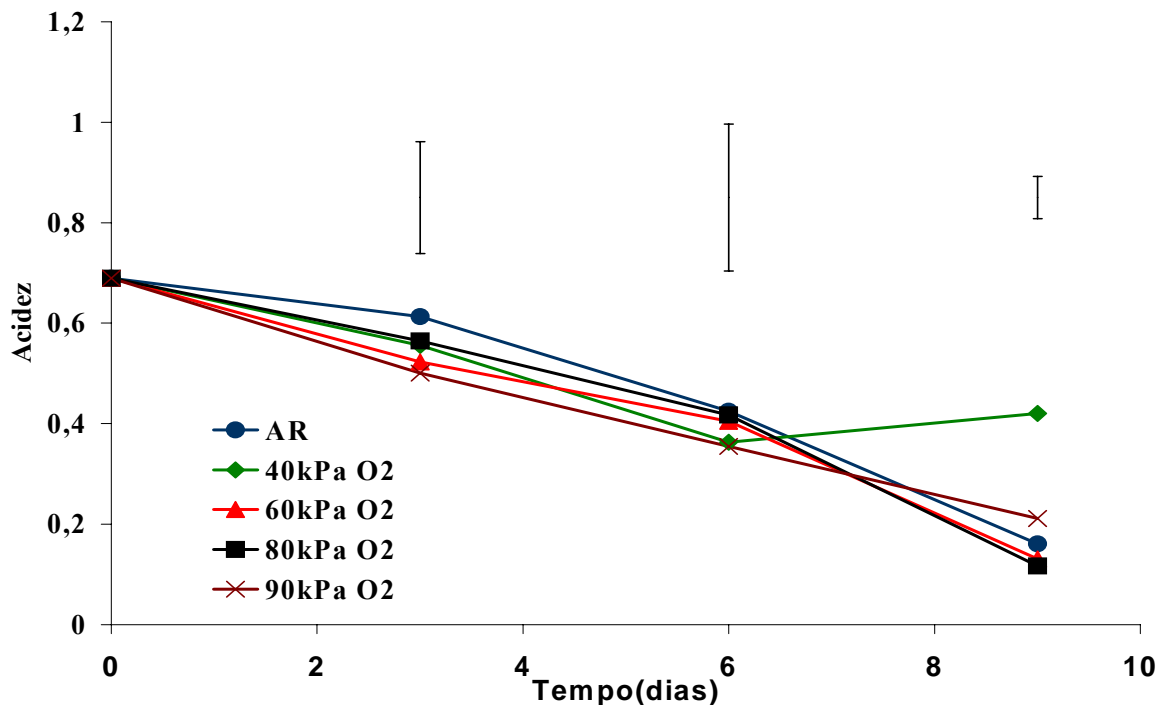
## FIGURAS



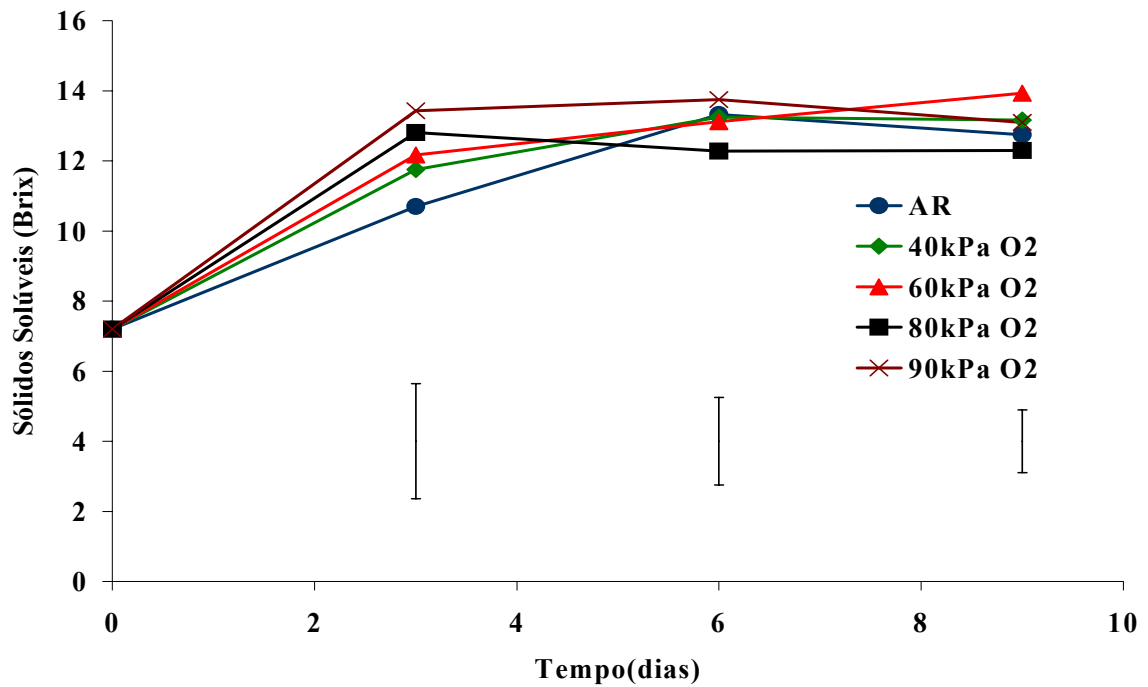
**Figura 1** Respiração ( $\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) de mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas a fluxos constantes (aproximadamente  $4\text{L h}^{-1}$ ) de ar ambiente ( $21\text{kPa O}_2$ ),  $40\text{kPa}$ ,  $60 \text{ kPa}$ ,  $80 \text{ kPa}$  ou  $90 \text{ kPa}$  de  $\text{O}_2$  e mantidas em câmaras a  $25^\circ\text{C}$ .



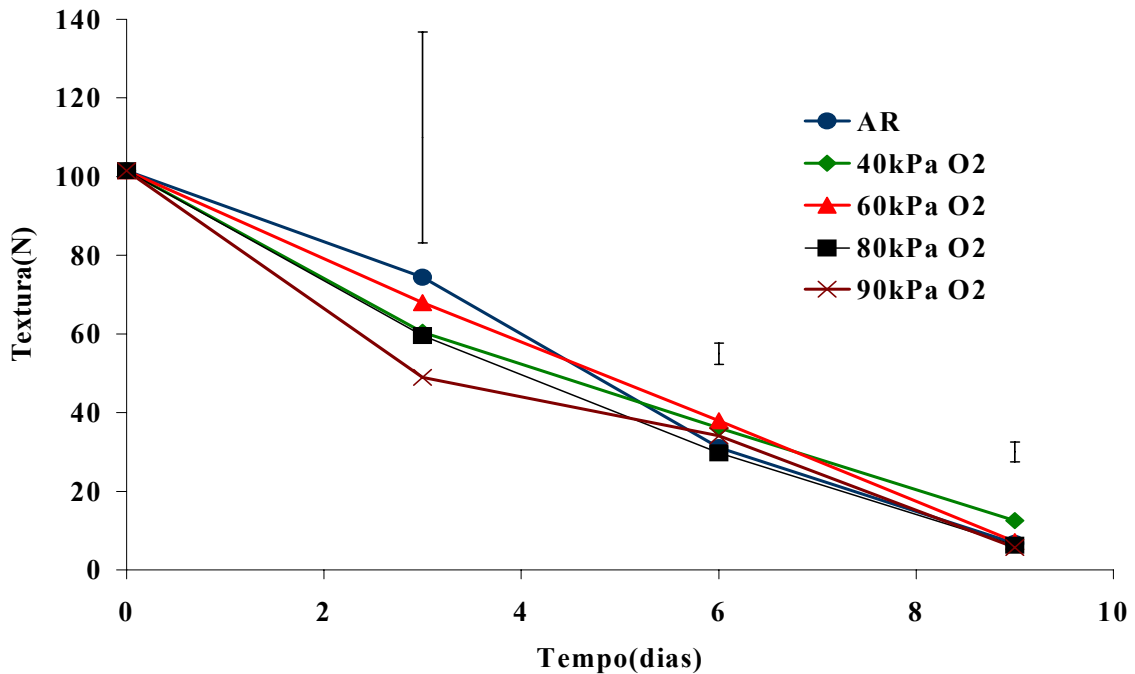
**Figura 2** pH de mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas a fluxos constantes (aproximadamente 4L h<sup>-1</sup>) de ar ambiente (21kPa O<sub>2</sub>), 40 kPa, 60 kPa, 80 kPa ou 90 kPa de O<sub>2</sub> e mantidas em câmara a 25°C. Barras na vertical indicam a diferença mínima significativa (DMS) (P≤0,05).



**Figura 3** Acidez Titulável (mg de ácido cítrico (100g de polpa)<sup>-1</sup>) de mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas a fluxos constantes (aproximadamente 4 L h<sup>-1</sup>) de ar ambiente (21 kPa O<sub>2</sub>), 40 kPa, 60 kPa, 80 kPa ou 90 kPa de O<sub>2</sub> e mantidas em câmara a 25°C. Barras na vertical indicam a diferença mínima significativa (DMS) (P≤0,05).



**Figura 4** Sólidos Solúveis (°Brix) de mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas a fluxos constantes (aproximadamente 4 L h<sup>-1</sup>) de ar ambiente (21kPa O<sub>2</sub>), 40 kPa, 60 kPa, 80 kPa ou 90 kPa de O<sub>2</sub> e mantidas em câmara a 25°C. Barras na vertical indicam a diferença mínima significativa (DMS) (P≤0,05).



**Figura 5** Firmeza de mangas ‘Tommy Atkins’ submetidas a fluxos constantes (aproximadamente 4 L h<sup>-1</sup>) de ar ambiente (21kPa O<sub>2</sub>), 40 kPa, 60 kPa, 80 kPa ou 90 kPa de O<sub>2</sub> e mantidas em câmara a 25°C. Barras na vertical indicam a diferença mínima significativa (DMS) (P≤0,05).