

Vida útil de fatias de manga armazenadas em embalagem com atmosfera modificada passiva

Shelf life of mango slices stored under passive modified atmosphere packaging

Lilian Karine RODRIGUES¹, Leila Mendes PEREIRA¹, Cristhiane Caroline FERRARI¹,
Claire Isabel Grigoli de Luca SARANTÓPOULOS², Miriam Dupas HUBINGER^{1*}

Resumo

Fatias de manga fresca e osmoticamente desidratadas foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, recobertas com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) e estocadas à temperatura de 5 °C com o objetivo de verificar o efeito da desidratação osmótica e da embalagem com atmosfera modificada passiva na vida útil das frutas. Amostras de manga fresca, acondicionadas nas condições do ar atmosférico, foram utilizadas como controle. As mangas foram avaliadas periodicamente quanto às suas características físico-químicas e microbiológicas, composição da atmosfera interna das embalagens, perda de peso e aceitação sensorial. O processo de desidratação osmótica e o acondicionamento das frutas com atmosfera modificada influíram positivamente na manutenção das características sensoriais e na qualidade microbiológica das fatias de manga. As fatias de manga fresca acondicionadas nas condições do ar atmosférico (FR AR) e com atmosfera modificada (FR MAP) apresentaram uma vida útil de apenas 8 e 14 dias, respectivamente, sendo limitada principalmente por sua aceitação sensorial e contaminação microbiológica. Já as frutas desidratadas osmoticamente e embaladas com atmosfera modificada (OD MAP) apresentaram uma vida útil de 18 dias com boa aceitação sensorial durante toda a estocagem.

Palavras-chave: desidratação osmótica; processamento mínimo; vida de prateleira; embalagem com atmosfera modificada.

Abstract

Fresh and osmodehydrated mango slices were packaged in expanded polystyrene trays covered with low density polyethylene films (PEBD) and stored at 5 °C aiming at verifying the effect of osmotic dehydration process and modified atmosphere packaging on the fruit shelf life. Fresh mango slices packaged under atmospheric conditions were used as control. The slices were evaluated periodically with respect to physicochemical and microbiological characteristics, internal atmosphere composition of the packages, weight reduction, and sensory acceptance. The osmotic dehydration process and the modified atmosphere packaging had a positive influence on the preservation of the sensory characteristics and microbiological quality of the mango slices. Fresh mango slices stored under atmospheric conditions (FR AR) and modified atmosphere packaging (FR MAP) had a shelf life of only 8 and 14 days, respectively, which was mainly limited by its sensory acceptance and microbial spoilage. On the other hand, the mango osmodehydrated slices packaged under modified atmosphere (OD MAP) presented shelf life of 18 days showing good sensory acceptance throughout the storage period.

Keywords: osmotic dehydration; minimal processing; shelf life; modified atmosphere packaging.

1 Introdução

A manga é uma das frutas tropicais mais consumidas em todo o mundo. Há algumas centenas de variedades conhecidas, mas de pequena importância comercial devido a características pouco desejáveis, como tamanho pequeno e grande quantidade de fibras e de fiapos. Cultivares comerciais, como a cultivar Tommy Atkins, são resultados de extensas pesquisas de seleção e melhoramento genético. A maior resistência mecânica e térmica da fruta no transporte, tempo de estocagem prolongado e a boa tolerância da variedade à antracnose e a processos tecnológicos, como a indução floral e o estresse hídrico, levou essa variedade a ser a preferida dos agricultores brasileiros, respondendo por cerca de 80% da área cultivada no País (ALMEIDA et al., 2001; ARAÚJO, 2004). No entanto, a seleção genética e o acondicionamento utilizado para a fruta ainda não são suficientes para evitar a grande perda de qualidade, que ocorre devido à colheita

da fruta antes do amadurecimento e durante o transporte até o consumidor final. Portanto, técnicas de preservação que mantenham a qualidade da fruta fresca devem ser exploradas.

O mercado consumidor já indicou claramente que paga pela conveniência oferecida por produtos prontos para o consumo ou minimamente processados, desde que a qualidade percebida seja maior ou igual à do produto inteiro. Frutas minimamente processadas, em geral, são mais susceptíveis às mudanças fisiológicas/bioquímicas, à deterioração microbiológica e à perda de água, devido à perda de seus tecidos de proteção ou cascas, quando comparadas com frutas inteiras (WATADA; QI, 1999).

A utilização de técnicas de processamento brando, como a desidratação osmótica e o acondicionamento em embalagens

Recebido para publicação em 12/2/2008

Aceito para publicação em 22/5/2008 (003150)

¹ Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, CP 6121, CEP 13083-862, Campinas - SP, Brasil, E-mail: mhuh@fea.unicamp.br

² Centro de Tecnologia de Embalagem, Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, CP 139, CEP 13070-178, Campinas - SP, Brasil

*A quem a correspondência deve ser enviada

com atmosfera modificada, pode ser uma alternativa viável para a obtenção de produtos de qualidade e com vida útil prolongada, diminuindo as degradações de cor, aroma, textura e sabor, que ocorrem ao longo da estocagem (PEREIRA et al., 2004; RODRIGUES et al., 2006). A redução do conteúdo de umidade, juntamente com a diminuição do oxigênio disponível aos tecidos e o aumento da concentração de gás carbônico representam uma opção para aumentar a estabilidade microbiana e a segurança do produto, e preservar as características sensoriais da fruta. Além disso, estudos com mangas inteiras embaladas com atmosfera modificada ou atmosfera controlada indicaram que essa mudança na concentração de O_2 e CO_2 também pode aliviar os sintomas de injúria causados pela estocagem a baixas temperaturas, usualmente empregadas para produtos minimamente processados (PESIS et al., 2000; KADER; ZAGORY; KERBEL, 1989).

A desidratação osmótica é um processo de remoção de água das frutas e hortaliças, que utiliza as paredes naturais das células como uma membrana semipermeável. É um processo de difusão simultânea de água e solutos, sendo influenciado pela concentração da solução desidratante, tempo e temperatura do processo, agitação, presença de aditivos, aplicação de pulso de vácuo, tamanho e geometria do produto e proporção fruta/solução (RASTOGI et al., 2002). Os processos de desidratação osmótica podem causar mudanças na fisiologia dos tecidos vegetais, no entanto, o uso de tratamentos brandos normalmente não afeta significativamente a qualidade sensorial e nutricional das frutas e hortaliças e contribui para a obtenção de uma maior vida de prateleira dos produtos minimamente processados (TORRES et al., 2006).

A embalagem com atmosfera modificada, passiva ou ativamente, tem se mostrado uma importante ferramenta para a preservação de frutas e hortaliças minimamente processadas. O desenvolvimento de atmosfera modificada passiva é economicamente mais interessante, pois a atmosfera interna das embalagens é modificada e atinge níveis estáveis de CO_2 e O_2 de acordo com a taxa de respiração do produto e com a permeabilidade do material de embalagem. Na atmosfera modificada ativa, uma mistura gasosa é introduzida no interior da embalagem de acondicionamento do produto, para a obtenção da composição desejada de gases dentro da embalagem. Deste modo, o objetivo dos dois princípios é criar uma composição de gás ideal dentro da embalagem, onde a atividade respiratória do produto seja a menor possível, mas os níveis de oxigênio e dióxido de carbono não sejam prejudiciais (KADER; ZAGORY; KERBEL, 1989; CHURCH; PARSONS, 1995). O uso de embalagens com atmosfera modificada passiva com o intuito de preservar as características de qualidade e aumentar a vida de prateleira de frutas minimamente processadas tem sido estudado por diversos pesquisadores (JERÔNIMO et al., 2007; LIMA et al., 2005; GUEVARA et al., 2003). Entretanto, são poucas as pesquisas que aliam o uso desta técnica à desidratação osmótica para a produção de frutas à alta umidade.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a vida de prateleira de fatias de manga fresca e desidratada osmoticamente, armazenadas em condições de atmosfera modificada passiva, através do monitoramento das características físico-químicas e

microbiológicas das frutas, composição da atmosfera interna das embalagens, perda de peso e aceitação sensorial do produto.

2 Material e métodos

2.1 Matéria-prima

Foram utilizadas mangas maduras (*Mangifera indica*) da variedade Tommy Atkins (Tabela 1), provenientes da região do Vale do São Francisco, Bahia, selecionadas quanto ao tamanho, aparência e conteúdo de sólidos solúveis (13 a 15 °Brix).

2.2 Preparo das fatias de manga fresca e desidratada osmoticamente

As mangas foram lavadas e sanitizadas com desinfetante clorado (Sumaveg, Diversey Lever, São Paulo, SP) na concentração de 200 ppm de cloro ativo, descascadas manualmente, cortadas longitudinalmente junto ao caroço e cortadas em fatias de 5 mm de espessura no sentido perpendicular às fibras.

Para a desidratação osmótica, as fatias de manga foram imersas em solução de sacarose a 65 °Brix, na proporção fruta: solução de 1:10, por 1 hora. O processo foi realizado em um agitador termostático de bancada (Tecnal TE-420, Piracicaba, SP) à temperatura de 30 °C, sob agitação de 120 rpm. Após o processo, as frutas foram enxaguadas com a solução sanitizante a 20 ppm de cloro ativo e colocadas sobre papel absorvente, para remoção da solução em excesso.

2.3 Acondicionamento em embalagem com atmosfera modificada

As fatias de manga fresca e desidratada osmoticamente foram acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido (110 x 110 x 30 mm) e envoltas em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) de 60 µm de espessura (120 x 150 mm) com taxa de permeabilidade ao oxigênio de 2962 mL m⁻² dia⁻¹ a 23 °C e 1 atm; essas amostras foram chamadas de FR MAP e OD MAP, respectivamente. Fatias de manga fresca acondicionadas em bandejas de poliestireno expandido, envoltas em filme de policloreto de vinila esticável (PVC) perfurado,

Tabela 1. Caracterização física e composição centesimal da manga 'Tommy Atkins' utilizada nos experimentos.

Determinação	Valor médio
Peso (g)	475,6 ± 36,7
Comprimento (cm)	11,3 ± 0,6
Diâmetro maior (cm)	9,1 ± 0,3
Açúcares redutores (%)	4,07 ± 0,37
Açúcares totais (%)	13,17 ± 1,22
Umidade em base úmida (%)	85,49 ± 0,40
Fibras brutas (%)	0,337 ± 0,003
Proteínas (%)	0,549 ± 0,047
Cinzas (%)	0,257 ± 0,013
Lipídios (%)	0,365 ± 0,028
Vitamina C (mg.100 g ⁻¹)	19,32 ± 0,24

foram utilizadas como controle, sendo chamadas de FR AR. Foram preparadas 50 embalagens, contendo aproximadamente 80 g de fruta, para cada tratamento. O produto embalado foi estocado a 5 °C em estufa BOD com temperatura controlada (Tecnal TE 391, Piracicaba, SP).

As fatias de manga foram avaliadas em relação às características físico-químicas e microbiológicas, composição da atmosfera interna das embalagens e perda de peso do produto após 1, 4, 8, 11, 14, 16 e 18 dias de estocagem. As análises foram realizadas em triplicata e o resultado dado pela sua média e desvio padrão. As frutas submetidas aos diferentes tratamentos e condições de estocagem também foram avaliadas quanto à aceitação sensorial e intenção de compra dos provadores.

2.4 Composição da atmosfera interna das embalagens e perda de peso

A determinação da composição gasosa no interior das embalagens foi realizada com o medidor de gases Dual Head Space Analyzer, Pack Check™, Model 650 (Mocon, MN, USA). A coleta de gases do espaço-livre da embalagem foi feita com uma seringa acoplada ao equipamento, através de um septo aderido à embalagem. A perda de peso foi calculada em porcentual sobre o peso inicial de cada embalagem, medido em balança semi-analítica (Marte AM 5500, São Paulo, SP).

2.5 Análises físico-químicas

A atividade de água das amostras foi determinada com o equipamento Aqualab, modelo CX-2 (Decagon Devices Inc, Pullman, WA) a 25 °C; o teor de sólidos solúveis, em um refratômetro de bancada (Zeiss, Jena, Germany); e o pH, em um pHmetro Analyses, modelo pH 300 (Tecnal, Piracicaba, SP). As determinações de umidade em base úmida (%), acidez (% de ácido cítrico) e açúcares totais (%) foram conduzidas segundo metodologias recomendadas pela AOAC (2002).

2.6 Análise sensorial

As amostras foram submetidas a uma análise sensorial de aceitação, utilizando-se escala hedônica não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos pelos termos “Desgostei muitíssimo” à esquerda e “Gostei muitíssimo” à direita. As frutas foram avaliadas em relação à aparência, aroma, sabor, textura e impressão global por 30 provadores consumidores de manga, representativos do público alvo. A intenção de compra do produto pelo consumidor também foi avaliada.

Os consumidores avaliaram a aparência das amostras e sua intenção de compra, em duas diferentes situações: a) avaliando a fatia de manga oferecida para degustação; e b) avaliando visualmente o produto acondicionado nas respectivas embalagens.

As análises foram realizadas em cabines individuais, sendo oferecida uma fatia de manga de cada amostra aos provadores, de forma monádica, em pratos brancos codificados com 3 dígitos aleatórios. Na avaliação visual, as amostras de frutas embaladas foram apresentadas aos provadores em blocos completos casualizados.

2.7 Análise microbiológica

A qualidade microbiológica do produto foi avaliada, periodicamente, por meio de análises de bactérias lácticas e bolores e leveduras. Análises de coliformes a 45 °C e Salmonella sp. foram realizadas logo após o processamento das frutas, obedecendo aos padrões da Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Todas as análises seguiram metodologia descrita por Downes e Ito (2001).

2.8 Análise estatística

Os resultados foram analisados estatisticamente, pela análise de variância e teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, utilizando o software Statistica 5.0 (Statsoft Inc, Tulsa, OK, USA). A avaliação da influência do tempo nos atributos de qualidade foi realizada por regressão linear a 5% de significância, utilizando o software The SAS® System for Windows V8 5.0 (SAS Institute Inc, Cary, USA).

3 Resultados e discussão

3.1 Composição da atmosfera interna das embalagens

O filme PEBD proporcionou a modificação passiva da atmosfera ao redor das fatias de manga (Figura 1). As embalagens contendo as fatias de manga fresca (FR MAP) atingiram a atmosfera de equilíbrio aos 8 dias de estocagem, apresentando teores de O₂ em torno de 6% e CO₂ em torno de 7%. Para as embalagens contendo a fruta desidratada osmoticamente (OD MAP) o equilíbrio gasoso também foi verificado após 8 dias de estocagem, mas com teores em torno de 11% de O₂ e 5% de CO₂. A maior modificação da atmosfera verificada nas embalagens contendo as fatias de manga fresca, ou seja, os menores teores de O₂ e maiores teores de CO₂ verificados ao longo da estocagem, pode ser atribuída à maior taxa de respiração dessa amostra em comparação à fruta osmoticamente desidratada, que mostraram taxas de respiração de 15 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ e 6 mL CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 5 °C, respectivamente. Já Rodrigues et al. (2006), trabalhando com mamão minimamente processado, observaram que as amostras desidratadas osmoticamente promoveram uma maior modificação da atmosfera interna das embalagens. Segundo os autores, apesar das amostras processadas osmoticamente apresentarem menores taxas respiratórias a 5 °C, é possível que o processo osmótico tenha alterado o metabolismo do tecido vegetal, contribuindo para a modificação da atmosfera interna da embalagem durante o armazenamento a baixas temperaturas. Condições similares ao ar atmosférico foram observadas para as fatias de manga fresca embaladas com o filme de policloreto de vinila (PVC) perfurado.

3.2 Perda de peso

As mangas acondicionadas com atmosfera modificada passiva, nas embalagens de PEBD, osmoticamente desidratadas (OD MAP) e frescas (FR MAP), mostraram uma perda de peso bastante pequena durante a estocagem, apresentando valores abaixo de 0,3%. No entanto, a fruta fresca acondicionada nas condições do ar atmosférico (FR AR), embalada em filme de PVC esticável, apresentou perda de peso contínua ao longo

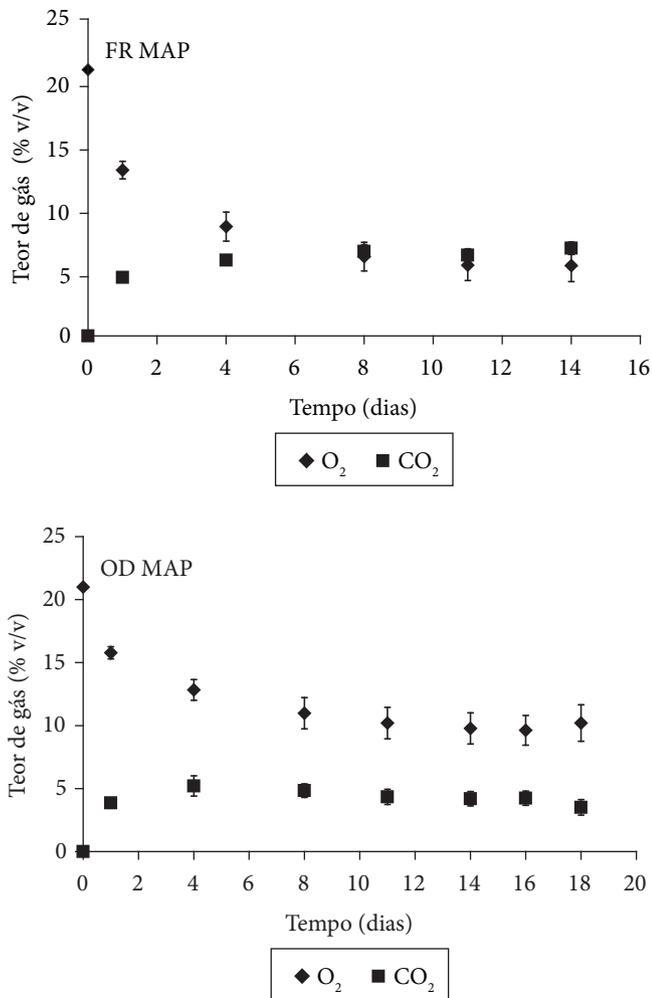


Figura 1. Concentrações de O₂ e CO₂ no interior das embalagens de PEBD contendo fatias de manga fresca (FR MAP) e osmoticamente desidratada (OD MAP) durante estocagem a 5 °C.

da estocagem, atingindo valores acima de 2,5% após 8 dias (Figura 2). Deste modo, foi comprovada a eficiência do filme PEBD como barreira ao vapor de água, sendo fundamental para prevenir a perda de peso do produto.

Em um trabalho com mangas minimamente processadas embaladas com atmosfera modificada em filmes de PVC e em filmes de polietileno de alta e baixa densidade (PEAD e PEBD), Souza et al. (2002) verificaram que os filmes de PEAD e PEBD foram mais eficientes na redução da perda de peso das amostras durante o período de armazenamento. Pereira et al. (2004) observaram que o uso de atmosfera modificada, utilizando embalagens de polietileno tereftalato (PET), foi capaz de prevenir a perda de peso de goiabas minimamente processadas. Segundo os autores, as frutas acondicionadas nas embalagens de PET apresentaram uma perda de peso constante e pequena durante 24 dias de estocagem, enquanto que as goiabas embaladas com filme de PVC esticável perfurado tiveram um aumento significativo da perda de peso com o tempo, atingindo valores em torno de 11% no final da vida de prateleira.

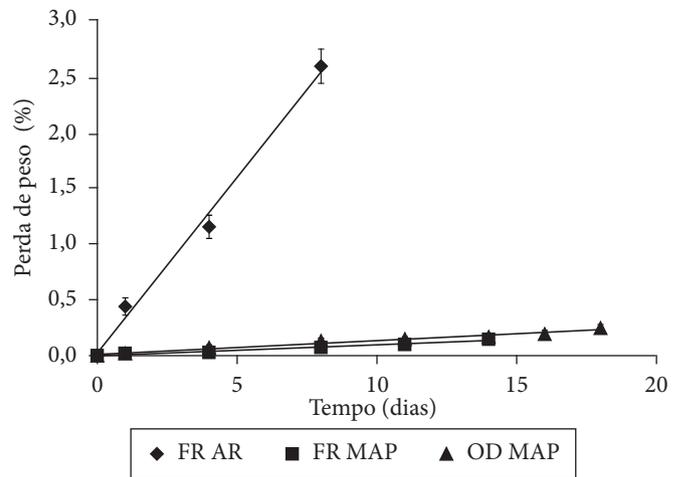


Figura 2. Perda de peso de fatias de manga durante estocagem a 5 °C. FR AR: fresca acondicionada nas condições do ar atmosférico; FR MAP: fresca acondicionada em atmosfera modificada; e OD MAP: osmoticamente desidratada acondicionada em atmosfera modificada.

3.3 Análises físico-químicas

Os valores de atividade de água, umidade, sólidos solúveis, acidez, pH e açúcares totais das fatias de manga fresca e osmoticamente desidratada, acondicionadas nas diferentes embalagens (FR MAP, OD MAP e FR AR), mostraram diferenças estatisticamente significativas entre diferentes tempos de análise. No entanto, a análise de regressão linear dessas respostas mostrou que as variações verificadas não são explicadas pelo aumento do tempo de estocagem. Assim, pode-se atribuir essas diferenças à variabilidade da matéria-prima. A Figura 3 apresenta algumas das características físico-químicas das fatias de manga fresca e osmoticamente desidratada durante a estocagem.

Com relação ao efeito da desidratação osmótica nas características físico-químicas das mangas, pode-se destacar o aumento do teor de açúcares e a redução da quantidade de água das frutas ocasionadas pelo processo, resultando em menores valores de atividade de água e umidade e maiores teores de sólidos solúveis quando comparadas à fruta fresca. Pode-se verificar também que o processo osmótico parece ter causado um aumento na acidez das mangas, no entanto, os valores de pH das amostras foram bastante similares, dificultando uma avaliação conclusiva do comportamento observado.

Já o acondicionamento das frutas com atmosfera modificada não afetou as características físico-químicas das mangas. As fatias de manga acondicionadas nas condições do ar atmosférico (FR AR) e em atmosfera modificada (FR MAP) apresentaram valores similares de atividade de água, umidade, sólidos solúveis, acidez, pH e açúcares totais. Souza et al. (2002) e Pereira et al. (2003) também verificaram que o uso de embalagens com atmosfera modificada resultou na manutenção das características físico-químicas de mangas e goiabas minimamente processadas, respectivamente.

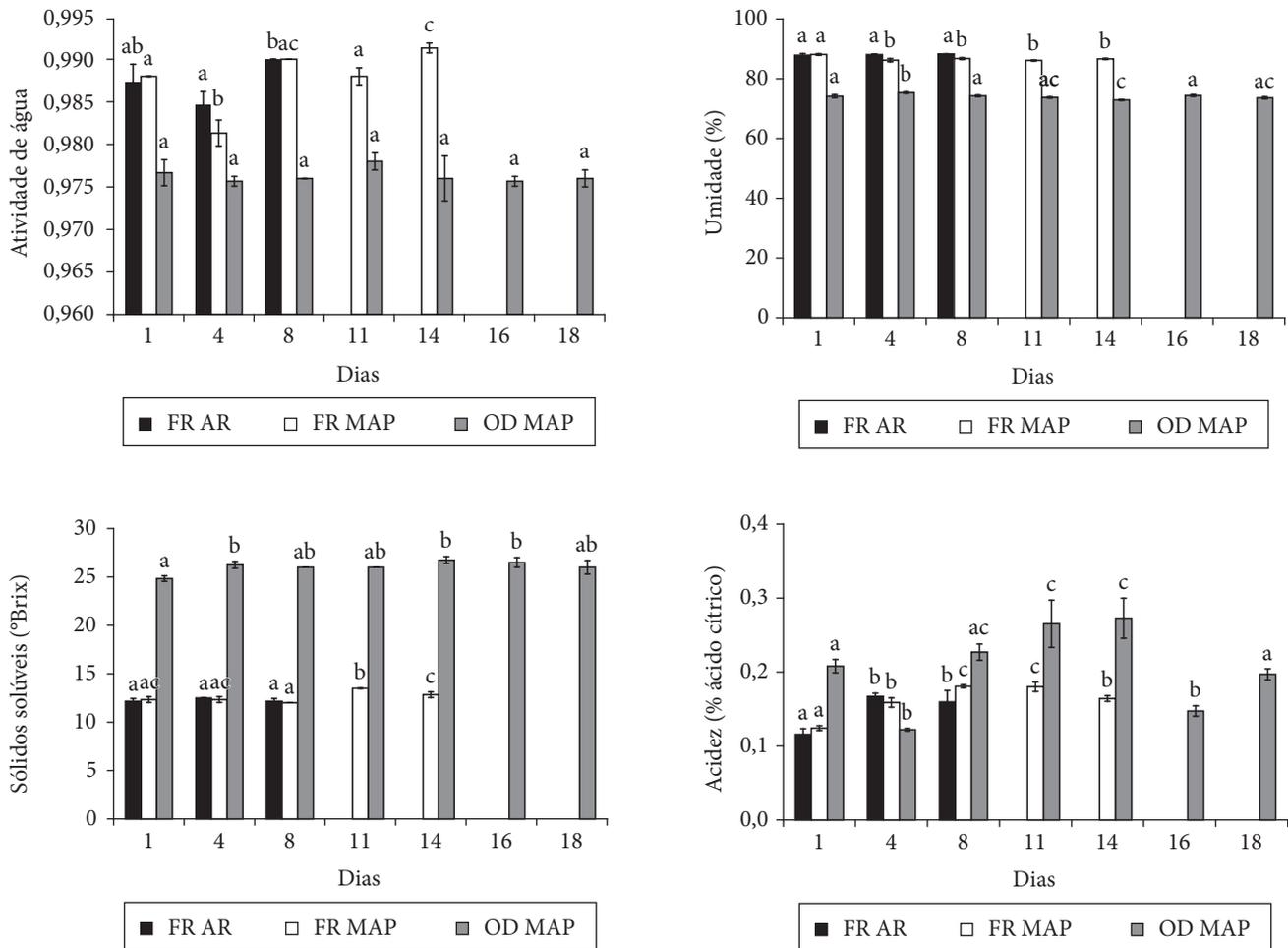


Figura 3. Características físico-químicas das fatias de manga durante estocagem a 5 °C. FR AR: fresca acondicionada nas condições do ar atmosférico; FR MAP: fresca acondicionada em atmosfera modificada; e OD MAP: osmoticamente desidratada acondicionada em atmosfera modificada. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas a $p < 0,05$ ao longo do tempo de armazenamento para cada amostra.

3.4 Análise sensorial

A avaliação sensorial mostrou que no início da vida de prateleira (dia 1) as mangas frescas e osmoticamente desidratadas não apresentaram diferenças em relação aos atributos sensoriais avaliados (Figura 4). No entanto, com o aumento do tempo de estocagem, as mangas frescas em ar atmosférico (FR AR) e com atmosfera modificada (FR MAP) sofreram uma queda significativa na aceitação pelo consumidor, recebendo notas inferiores à manga osmoticamente desidratada acondicionada com atmosfera modificada (OD MAP), na maioria dos atributos sensoriais avaliados. Após 8 dias de estocagem, a manga fresca acondicionada nas condições do ar atmosférico (FR AR) recebeu notas bastante inferiores ao limite de aceitação do produto (4,5) em relação à maioria dos atributos sensoriais como aparência da embalagem, sabor, textura e impressão global, sendo então descartada (Figura 4a). Aos 14 dias de estocagem, a amostra fresca acondicionada com atmosfera modificada (FR MAP) também apresentou notas inferiores a 4,5 em relação aos atributos aparência da embalagem e da fatia,

textura e impressão global, levando à rejeição do produto pelo consumidor (Figura 4b). No entanto, a amostra osmoticamente desidratada com atmosfera modificada (OD MAP) continuou apresentando boa aceitação pelo consumidor até o final da estocagem de 18 dias, recebendo notas acima de 6,0 para a maioria dos atributos avaliados (Figura 4c).

A intenção de compra (Figura 5) também mostrou a preferência dos consumidores pela manga osmoticamente desidratada acondicionada com atmosfera modificada (OD MAP), apresentando valores acima de 50% durante toda a estocagem, tanto para a análise feita através da degustação das frutas (Figura 5a) como para a análise visual do produto acondicionado nas respectivas embalagens (Figura 5b). Para as amostras frescas acondicionadas com atmosfera modificada (FR MAP) e com ar atmosférico (FR AR), um forte impacto do tempo de estocagem pode ser verificado na intenção de compra dos consumidores.

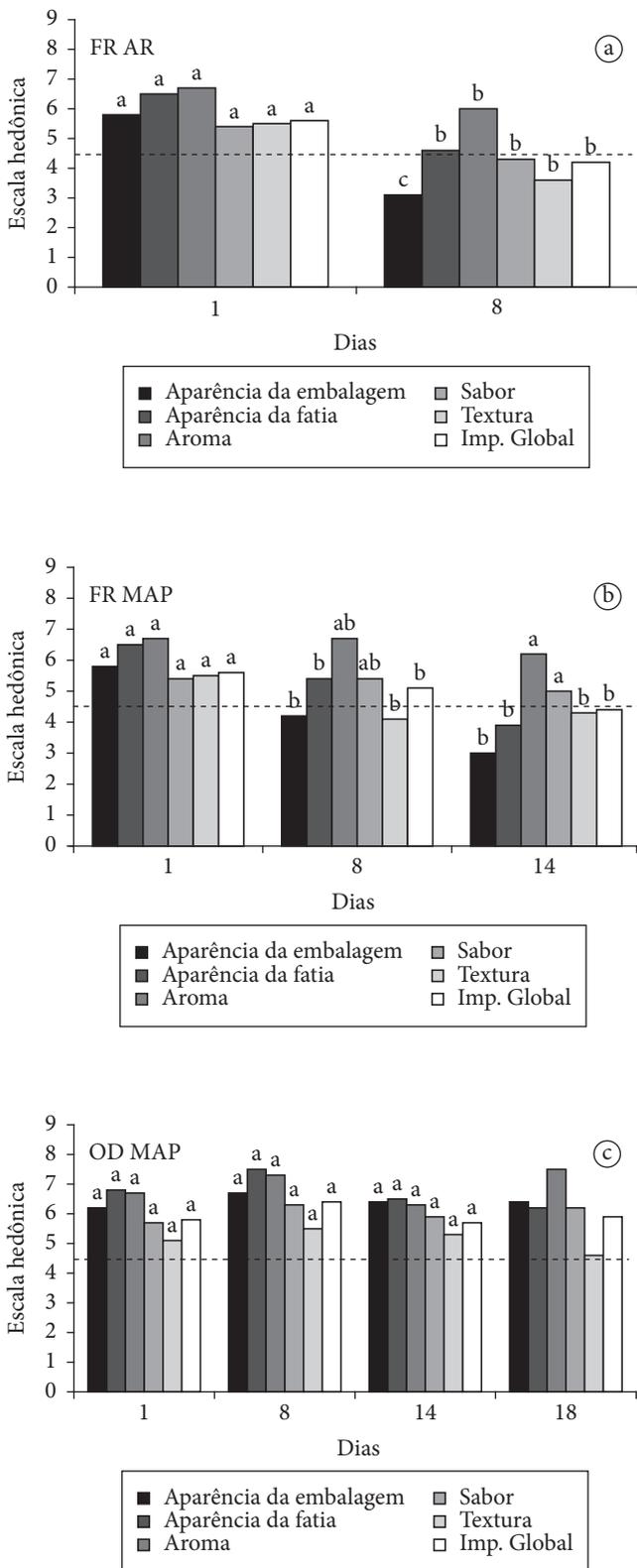


Figura 4. Análise sensorial das fatias de manga durante estocagem a 5 °C. a) FR AR: fresca acondicionada nas condições do ar atmosférico; b) FR MAP: fresca acondicionada em atmosfera modificada; e c) OD MAP: osmoticamente desidratada acondicionada em atmosfera modificada. Letras diferentes indicam diferenças estatisticamente significativas a $p < 0,05$ entre as amostras em diferentes tempos de análise.

Na avaliação sensorial de metades de goiaba (PEREIRA et al., 2003) e de pedaços de mamão (RODRIGUES et al., 2006) minimamente processados, as frutas processadas osmoticamente e armazenadas com atmosfera modificada também apresentaram melhor aceitação sensorial e maior intenção de compra pelo consumidor em relação às amostras frescas acondicionadas com atmosfera modificada e sob as condições do ar atmosférico, mostrando a eficiência da desidratação osmótica combinada ao uso de atmosfera modificada passiva na manutenção das características sensoriais das frutas.

3.5 Análise microbiológica

As análises microbiológicas confirmaram as condições sanitárias satisfatórias da matéria-prima utilizada e do processamento pelo qual passaram as frutas, estando de acordo com a legislação vigente (Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA) que

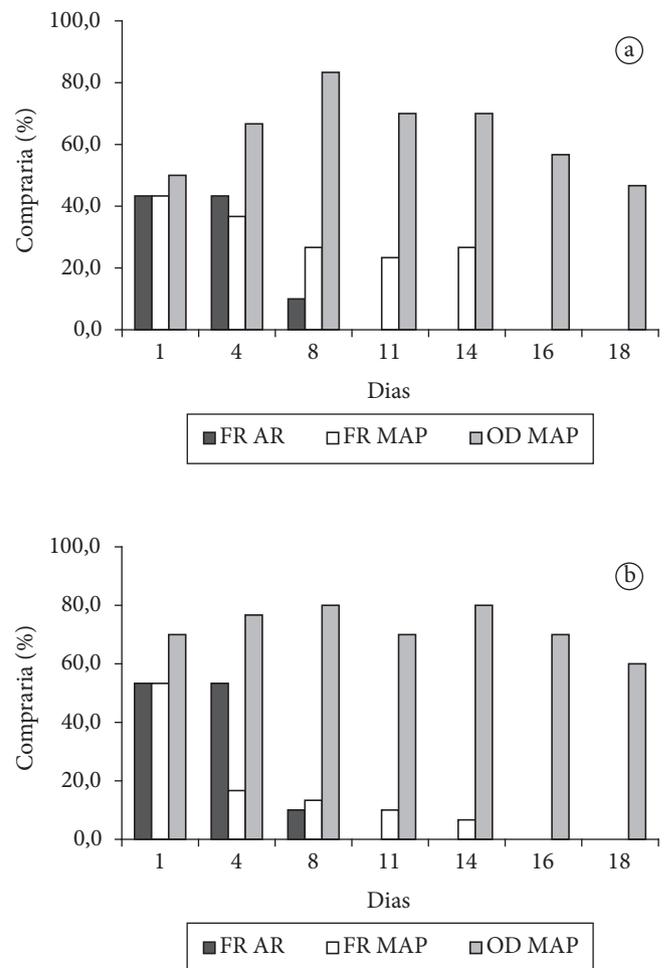


Figura 5. Intenção de compra dos consumidores durante a estocagem a 5 °C. a) Avaliação das fatias de manga oferecida para degustação; e b) avaliação visual do produto nas respectivas embalagens. FR AR: fresca acondicionada nas condições do ar atmosférico; FR MAP: fresca acondicionada em atmosfera modificada; e OD MAP: osmoticamente desidratada acondicionada em atmosfera modificada.

determina ausência de *Salmonella* sp. em 25 g e máximo de 5×10^2 NMP.g⁻¹ de coliformes a 45 °C (*Escherichia coli*).

As fatias de manga osmoticamente desidratadas acondicionadas com atmosfera modificada passiva (OD MAP) apresentaram maior estabilidade microbiológica que as amostras frescas com atmosfera modificada (FR MAP) e acondicionadas nas condições do ar atmosférico (FR AR), mostrando baixa contagem de bolores e leveduras (em torno de 10^2 UFC.g⁻¹), praticamente constante ao longo da estocagem.

Segundo Gianotti et al. (2001), as altas concentrações de açúcares utilizadas no processo osmótico são eficientes para a redução do crescimento microbiano durante a estocagem, obtendo-se produtos mais estáveis à contaminação microbiológica e à deterioração química. Além disso, de acordo com Rodrigues et al. (2006), o processo osmótico dificulta a proliferação microbiana devido à simultânea perda de água e ganho de solutos proveniente da solução osmótica.

As amostras frescas acondicionadas nas condições do ar atmosférico (FR AR) apresentaram as mais altas contagens de bolores e leveduras, atingindo valores acima de 10^3 UFC.g⁻¹ após 8 dias de estocagem (Figura 6).

As amostras frescas acondicionadas com atmosfera modificada (FR MAP) apresentaram um menor crescimento microbiológico, mas com valores maiores que as amostras osmoticamente desidratadas (OD MAP), mostrando valores em torno de 10^3 UFC.g⁻¹ aos 11 e 14 dias de estocagem. No entanto, pode-se verificar o efeito bacteriostático e fungistático da alta concentração de CO₂ em ambas as amostras.

Bai et al. (2003) estudaram o comportamento microbiológico de cubos de melão da variedade *Honeydew* embalados sob atmosfera modificada passiva e sob ar atmosférico (filme perfurado) e estocados a 5 °C. Os autores concluíram que o

uso da atmosfera modificada passiva foi capaz de retardar a deterioração da fruta, promovendo menor crescimento microbiano e gerando um produto de melhor qualidade e maior vida de prateleira, comparado ao produto acondicionado sob ar atmosférico.

Em relação à contaminação por bactérias lácticas, todas as amostras, independentemente do tipo de tratamento e da embalagem utilizada, apresentaram contagens abaixo do limite de quantificação do método ($\leq 1,0 \times 10$ UFC.g⁻¹), evidenciando o não desenvolvimento desse microrganismo durante a estocagem.

4 Conclusões

O processo de desidratação osmótica e o acondicionamento das frutas com atmosfera modificada influíram positivamente na manutenção das características sensoriais e qualidade microbiológica das fatias de manga. Além disso, a atmosfera modificada também foi fundamental para evitar a perda de peso do produto. O processo de desidratação osmótica alterou as características físico-químicas das frutas, resultando num produto com menor teor de umidade e maior teor de sólidos solúveis, no entanto, essas alterações não prejudicaram sua aceitação sensorial.

As fatias de manga fresca acondicionadas nas condições do ar atmosférico (FR AR) e com atmosfera modificada (FR MAP) apresentaram uma vida útil de apenas 8 e 14 dias, respectivamente, sendo limitada principalmente por sua aceitação sensorial e contaminação microbiológica. Já as frutas desidratadas osmoticamente e embaladas com atmosfera modificada (OD MAP) apresentaram uma vida útil de 18 dias com boa aceitação sensorial durante toda a estocagem.

Agradecimentos

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de Bolsa de Mestrado e à Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, C. O. et al. Tendências do mercado internacional de manga. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 32, n. 1, p. 112-120, 2001.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis** of the Association of Official Analytical Chemists. 17 ed. Arlington: A.O.A.C., 2002.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 12, de 02 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/12_01rdc.htm>. Acesso em: 25 out. 2006.
- ARAÚJO, J. L. P. **Mercado e Comercialização da Manga. Cultivo da mangueira**. Embrapa Semi-Árido. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/mercado.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2004.
- BAI, J.; SAFTNER, R. A.; WATADA, A. E. Characteristics of Freshcut Honeydew (*Cucumis x melo* L.) Available to Processors in Winter and Summer and its Quality Maintenance by Modified Atmosphere Packaging. *Postharvest Biology and Technology*, v. 28, n. 3, p. 349-359, 2003.

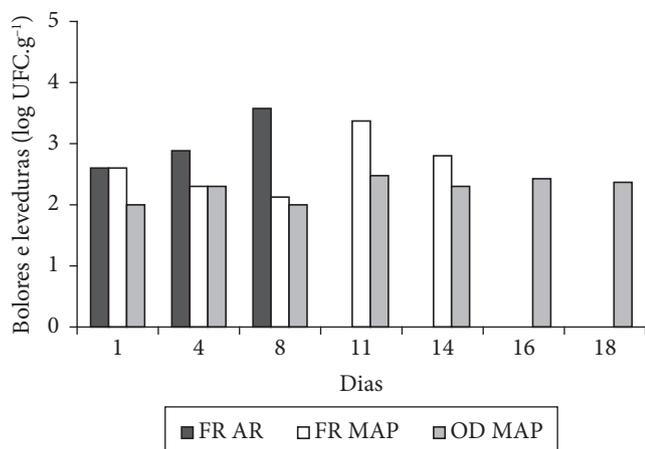


Figura 6. Contagem de bolores e leveduras das fatias de manga durante estocagem a 5 °C. FR AR: fresca acondicionada nas condições do ar atmosférico; FR MAP: fresca acondicionada em atmosfera modificada; e OD MAP: osmoticamente desidratada acondicionada em atmosfera modificada.

- CHURCH, I. J.; PARSONS, A. L. Modified Atmosphere Packaging Technology: A Review. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 67, n. 2, p. 143-152, 1995.
- DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4 ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2001.
- GIANOTTI, A. et al. Microbial Aspects on Short-Time Osmotic Treatment of Kiwifruit. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 4, p. 265-270, 2001.
- GUEVARA, J. C. et al. Effects of Elevated Concentrations of CO₂ in Modified Atmosphere Packaging on the Quality of Prickly Pear Cactus Stems (*Opuntia* spp.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 29, n. 2, p. 167-176, 2003.
- JERONIMO, E. M. et al. Qualidade de Mangas Tommy Atkins Armazenadas sob Atmosfera Modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1122-1130, 2007.
- KADER, A. A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E. L. Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 28, n. 1, p. 1-30, 1989.
- LIMA, L. C. et al. Conservação Pós-colheita de Figos Verdes (*Ficus carica* L.) cv. Roxo de Valinhos Tratados com Hipoclorito de Sódio e Armazenados sob Refrigeração em Atmosfera Modificada Passiva. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 4, p. 810-816, 2005.
- PEREIRA, L. M. et al. Vida de Prateleira de Goiabas Minimamente Processadas Acondicionadas em Embalagens sob Atmosfera Modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 3, p. 427-433, 2003.
- PEREIRA, L. M. et al. Influence of Modified Atmosphere Packaging and Osmotic Dehydration on the Quality Maintenance of Minimally Processed Guavas. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 4, p. 172-177, 2004.
- PESIS, E. et al. Modified Atmosphere and Modified Humidity Packaging Alleviates Chilling Injury Symptoms in Mango Fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 19, n. 1, p. 93-101, 2000.
- RASTOGI, N. K. et al. Recent Developments in Osmotic Dehydration: Methods to Enhance Mass Transfer. **Trends in Food Science & Technology**, v. 13, n. 1, p. 48-59, 2002.
- RODRIGUES, A. C. C. et al. Impact of Modified Atmosphere Packaging on the Osmodehydrated Papaya Stability. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 30, n. 5, p. 563-581, 2006.
- SOUZA, J. P. et al. Influência do Armazenamento Refrigerado em Associação com Atmosfera Modificada por Filmes Plásticos na Qualidade de Mangas 'Tommy Atkins'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 3, p. 665-668, 2002.
- TORRES, J. D. et al. Influence of Process Conditions on Mechanical Properties of Osmotically Dehydrated Mango. **Journal of Food Engineering**, v. 74, n. 2, p. 240-246, 2006.
- WATADA, A. E.; QI, L. Quality of Fresh-cut Produce. **Postharvest Biology and Technology**, v. 15, n. 3, p. 201-205, 1999.