UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

EFEITO DE ATMOSFERA MODIFICADA NO CONTROLE DE PODRIDÕES PÓS-COLHEITA E NA QUALIDADE DE CAQUI cv. FUYU

PATRÍCIA CIA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Horticultura.

BOTUCATU – SP
Abril – 2002

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

EFEITO DE ATMOSFERA MODIFICADA NO CONTROLE DE PODRIDÕES PÓS-COLHEITA E NA QUALIDADE DE CAQUI cv. FUYU

PATRÍCIA CIA

Orientadora: **Dra. Eliane Aparecida Benato Rodrigues da Silva**
Co-orientador: **MSc. José Maria Monteiro Sigrist**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de Concentração em Horticultura.

BOTUCATU – SP
Abril – 2002

Aos meus pais ***Waldemar*** *e* ***Maria Inês,*** *por todo incentivo e apoio, carinho e dedicação, que me possibilitaram chegar até aqui*

Aos meus irmãos ***Fabiana*** *e* ***Marcelo***

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por estar sempre ao meu lado, guiando meus passos e por permitir atingir mais um objetivo.

À **Faculdade de Ciências Agronômicas**, UNESP, câmpus de Botucatu, onde realizei a Graduação e o Mestrado, pelos conhecimentos adquiridos, além do corpo docente acessível e de alto nível técnico-científico.

Ao **Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas – FRUTHOTEC**, do Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL, pelo incentivo e subsídios proporcionados.

À **Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP**, pela concessão da bolsa de estudo e auxílio financeiro ao projeto de pesquisa.

Em especial à Dra. **Eliane Ap. Benato Rodrigues da Silva**, pela orientação, inestimável amizade, apoio e companheirismo que sempre me incentivaram a prosseguir.

Ao Pesquisador Científico **José Maria Monteiro Sigrist**, do Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas/ITAL, pela co-orientação, apoio e sugestões durante a execução desta dissertação.

Ao Engº. Agrº. MSc. **Victor Ricardo de Souza Muñoz**, pela amizade e auxílio na instalação dos experimentos.

Às Pesquisadoras Científicas **Claire I.G.L. Sarantópoulos** e **Léa M. de Oliveira** e **Marisa Padula**, do Centro de Tecnologia de Embalagem/ITAL, pelo auxílio na indicação dos filmes plásticos, pela execução das análises de cromatografia e pela amizade.

Aos técnicos de laboratório do FRUTHOTEC/ITAL, **Giovanna Maria S. Guimarães** e **Débora Belo Alves**, aos funcionários, **Carlos Ernesto de Arruda** e **Quitéria Maria A. de Oliveira** e, ao estagiário **Delton Seki**, pela colaboração na montagem dos experimentos e auxílio durante a realização das análises.

À **Associação Paulista dos Produtores de Caqui (APPC)**, pelo fornecimento dos frutos de caquizeiro utilizados neste trabalho.

Aos funcionários da Seção de Pós-graduação, do Departamento de Horticultura e da Biblioteca, pela atenção e por todos os serviços que prestaram sempre de forma solícita.

Aos colegas do Curso de Pós-graduação, pelo companheirismo.

SUMÁRIO

Página

1 RESUMO **1**

2 SUMMARY **3**

3 INTRODUÇÃO **5**

4 REVISÃO DE LITERATURA **8**

4.1 Fisiologia pós-colheita e armazenamento refrigerado **8**

4.2 Uso de atmosfera modificada em caqui e controle de doenças **12**

5 MATERIAL E MÉTODOS **22**

5.1 Isolamento e identificação dos principais agentes causais de doenças de caqui pós-colheita **22**

5.2 Teste de patogenicidade **23**
5.2.1 Inóculo 23
5.2.2 Inoculação dos frutos 24

5.3 Efeito de diferentes composições gasosas sobre o crescimento micelial de fungos causadores de podridões pós-colheita em caqui, *in vitro* **24**

5.4 Armazenamento de caqui 'Fuyu' sob atmosfera modificada **26**
5.4.1 Efeito de sistemas de embalagem plástica na qualidade de caqui cv. Fuyu 26
5.4.2 Efeito da atmosfera modificada passiva em prolongar o período de conservação de caqui 'Fuyu' 29
5.4.3 Efeito da atmosfera modificada ativa e passiva no controle de *Rhizopus stolonifer* e na qualidade de caqui cv. Fuyu 31
5.4.3.1 Frutos não inoculados 31
5.4.3.2 Frutos inoculados com *Rhizopus stolonifer* 32

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO **35**

6.1 Isolamento e teste de patogenicidade **35**

6.2 Efeito de diferentes composições gasosas sobre o crescimento micelial de fungos causadores de podridões pós-colheita em caqui, *in vitro* **38**

6.3 Armazenamento de caqui sob atmosfera modificada 45
6.3.1 Experimento I: Efeito de sistemas de embalagem plástica sobre a qualidade de caqui cv. Fuyu.....45
6.3.2 Experimento II: Efeito de atmosfera modificada passiva em prolongar o período de conservação de caqui 'Fuyu'.....57
6.3.3 Experimento III: Efeito de atmosfera modificada ativa e passiva no controle de *Rhizopus stolonifer* e na qualidade de caqui 'Fuyu' 73
6.3.3.1 Frutos não inoculados 73
6.3.3.2 Frutos inoculados com *Rhizopus stolonifer* 97

7 CONCLUSÕES.....104

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 106

APÊNDICE 116

LISTA DE QUADROS

Quadro **Página**

1 Características dos sistemas de embalagem, relacionadas à modificação da atmosfera. 26
2 Características dos sistemas de embalagem, relacionadas à modificação da atmosfera. 30
3 Incidência e severidade de podridões em caqui 'Fuyu' inoculado após armazenamento a 25°±1°C/80±5% UR por cinco dias. 36
4 Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Rhizopus stolonifer*. 39
5 Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Rhizopus stolonifer*, após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 30 h a 25°C. 39
6 Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata*. 40
7 Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata*., após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 96 h a 25°C. 40
8 Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Lasiodiplodia theobromae*. 41
9 Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Lasiodiplodia theobromae*, após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 72 h a 25°C. 42
10 Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Pestalotiopsis* sp. 43
11 Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Pestalotiopsis* sp., após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 96 h a 25°C. 43
12 Perda de peso de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 51
13 Resistência de polpa à penetração (N) de caqui 'Fuyu' submetido ao armazenamento sob atmosfera modificada. 52
14 Cor de casca de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 53
15 Cor de polpa de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 54
16 Sólidos solúveis (°Brix) de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 55
17 Acidez total de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 56
18 pH de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 56
19 Perda de peso de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 68
20 Resistência de polpa à penetração de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 68
21 Cor de casca de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 69
22 Cor de polpa de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 70
23 Sólidos solúveis (°Brix) de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 71
24 Acidez total de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 71
25 pH de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 72
26 Perda de peso de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 84
27 Resistência de polpa à penetração de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 84
28 Cor de casca de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 85
29 Cor de polpa de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 86
30 Sólidos solúveis (°Brix) de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 87
31 Acidez total de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 87
32 pH de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada. 88

LISTA DE FIGURAS

Figura **Página**

1 Evolução dos teores de O_2 (—♦—) e CO_2 (—•—) no espaço-livre das embalagens PVC 12 µm (A), PEBD 80 µm (B), PEBD 80 µm (3% O_2+8% CO_2) (C), durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos 3 dias à 25°C/85% UR (----). 48
2 Evolução dos teores de O_2 (—♦—) e CO_2 (—•—) no espaço-livre das embalagens PO 63 µm (A), PO 63 µm (3% O_2+8% CO_2) (B), durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos 3 dias à 25°C/85% UR (----). 49
3 Intensidade de odor (A) e sabor estranho (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PVC 12 µm (—■—), PEBD 80 µm (—▲—), PEBD 80 µm (3% O_2/8% CO_2) (—×—), PO 63 µm (—✻—), PO 63 µm (3% O_2/8% CO_2) (—●—), avaliado sensorialmente através de escala estruturada de notas, onde 1 = ausente e 5 = muito intenso, após armazenamento refrigerado (1°C) mais cinco dias a 25°C/85% UR. Odor e sabor estranho x sistemas de embalagem = n.s. (Tukey=0,05). 50
4 Evolução dos teores de O_2 (—♦—) e CO_2 (—•—) no espaço-livre das embalagens PO 58 µm (A), PEBD 50 µm (B), PO 38 µm microperfurado (C), com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos 5 dias à 25°C/70% UR (----). 60
5 Evolução dos teores de acetaldeído (—◆—) e etanol (—●—) no espaço-livre das embalagens PO 58 µm (A), PEBD 50 µm (B) e PO 38 µm (C), com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado, mais 5 dias à temperatura ambiente (25°C/70% UR). 61
6 Intensidade de odor (A) e sabor estranho (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PO 58 µm (—●—), PO 38 µm microperfurado (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas, onde 0 = isento a 10 = intenso, após armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/70% UR.. 62
7 Textura (A) e qualidade global (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PO 58 µm (—●—), PO 38 µm microperfurado (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas (0 = mole a 10 = extremamente firme e 0 = péssima a 10 = excelente, para textura e qualidade global, respectivamente), após armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/70% UR. 63
8 Evolução dos teores de O_2 (—◆—) e CO_2 (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 µm (A), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (C), com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos por 5 dias à 25°C/80% UR (---). 76
9 Evolução dos teores de acetaldeído (—◆—) e etanol (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 µm (A), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD

50 µm (3% O_2/10% CO_2) (C),, com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado, mais 5 dias a temperatura ambiente (25°C/80% UR). 77

10 Intensidade de odor (A) e sabor estranho (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—●—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas, onde 0 = isento a 10 = intenso, após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. 78

11 Textura (A) e qualidade global (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—●—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas (0 = mole a 10 = extremamente firme e 0 = péssima a 10 = excelente, para textura e qualidade global, respectivamente), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. 79

12 Incidência (%) (A) e severidade (%) (B) de escurecimento de casca em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagem: testemunha (■), PEBD 50 µm (■), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (■), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (■), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. 83

13 Incidência (%) de podridão de *Rhizopus stolonifer* em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—●—), PEBD 50 µm (—◆—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—▲—), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. 101

14 Índice de doença (%) em caqui 'Fuyu' inoculado com *Rhizopus stolonifer* e acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—●—), PEBD 50 µm (—◆—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—▲—), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. 101

15 Evolução dos teores de O_2 (—◆—) e CO_2 (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 µm (A), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (C), com caqui 'Fuyu' inoculado com *Rhizopus stolonifer*, durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos por 5 dias à 25°C/80% UR (---). 102

16 Evolução dos teores de acetaldeído (—◆—) e etanol (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 µm (A), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (C),, com caqui 'Fuyu' inoculado com *Rhizopus stolonifer*, durante vários períodos de armazenamento refrigerado, mais 5 dias à temperatura ambiente (25°C/80% UR). 103

1 RESUMO

Este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito de atmosfera modificada (AM) no controle de podridões pós-colheita e na extensão do período de armazenamento de caqui cv. Fuyu. Realizou-se, primeiramente, a identificação dos agentes causais das principais doenças pós-colheita de caqui, coletados em diferentes regiões produtoras do Estado de São Paulo. Dentre os patógenos identificados, *Lasiodiplodia theobromae*, *Pestalotiopsis* sp. e *Rhizopus stolonifer* apresentaram maior incidência. Posteriormente, avaliou-se o efeito de composições gasosas sobre o crescimento micelial *in vitro* de *L. theobromae*, *Pestalotiopsis* sp., *R. stolonifer* e *Alternaria alternata*. Placas com os respectivos patógenos foram expostas a misturas gasosas (3% O_2 e 5%, 8%, 10% ou 12% CO_2; 5% O_2 e 5%, 8%, 10% ou 12% CO_2) sob fluxo contínuo de gases, à 25°C. Como testemunha utilizou-se 21% O_2/0,03% CO_2. Os resultados mostraram que para *L. theobromae*, houve tendência de estímulo do crescimento micelial para todas as atmosferas. Para *Pestalotiopsis* sp. e *A. alternata*, as atmosferas de 3% O_2 e 10% ou 12% CO_2 exerceram maior efeito de inibição, enquanto que, para *R. stolonifer*, as atmosferas de 3% O_2 e 8%, 10% ou

12% CO_2 e, 5% O_2 e 10% ou 12% CO_2 foram as que inibiram o crescimento do patógeno. Para verificar os efeitos de AM sobre a qualidade dos frutos, caquis foram acondicionados nos sistemas de embalagens: PVC (policloreto de vinila) 12 µm; PEBD (polietileno de baixa densidade) 80 µm; PEBD 80 µm (3% O_2 /8% CO_2); PO (multicamada coextrusado à base de poliolefinas), 63 µm; PO 63 µm (3% O_2/8% CO_2); PO 58 µm; PEBD 50 µm; PO 38 µm microperfurado; PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2); PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2). Para verificar os efeitos de AM no controle de podridões, frutos foram inoculados com suspensão de esporos de *R. stolonifer* ($5x10^5$ ufc.mL^{-1}) e, em seguida, acondicionados nos sistemas de embalagem: PEBD 50 µm; PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2); PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2). Frutos acondicionados em caixas de papelão foram utilizados como testemunha. Os frutos foram armazenados a 1°±1°C/90±5% UR por até 90 dias. Periodicamente, lotes de frutos foram transferidos para 25°±1°C/80±5% UR por mais 5 dias. Avaliou-se a composição gasosa das embalagens, os parâmetros físico-químicos, fitopatológicos e sensorial. O filme PO 58 µm manteve a qualidade dos frutos por 84 dias. O filme PEBD 80 µm, apesar de manter a qualidade dos frutos, apresentou risco de anaerobiose e promoveu acúmulo de altas concentrações de CO_2 (≈18%). O mesmo filme com menor espessura, 50 µm, mostrou-se eficiente para o armazenamento de caqui, inibindo o desenvolvimento de *R. stolonifer* e mantendo a qualidade dos frutos por 84 dias. Não houve efeito da injeção de mistura gasosa no aumento do período de armazenamento dos frutos. A avaliação sensorial não detectou a presença de odor e/ou sabor desagradáveis em nenhum dos experimentos.

Palavras-Chave: *Diospyrus kaki* L., embalagem, armazenamento, fungos.

EFFECT OF MODIFIED ATMOSPHERE ON POSTHARVEST DISEASE CONTROL AND QUALITY OF 'FUYU' PERSIMMON. Botucatu, 2002. 122p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: PATRÍCIA CIA

Adviser: ELIANE APARECIDA BENATO RODRIGUES DA SILVA

Co-Adviser: JOSÉ MARIA MONTEIRO SIGRIST

2 SUMMARY

This study was conducted to evaluate the effect of modified atmosphere (MA) on postharvest disease control and shelf life of 'Fuyu' persimmons. Firstly, it was carried out the identification of causal organisms related to the main postharvest diseases in persimmon fruits, from different producing areas of the State of São Paulo. Among the pathogens identified, *Lasiodiplodia theobromae*, *Pestalotiopsis* sp. and *Rhizopus stolonifer* had the highest incidence. Secondly, it was evaluated the *in vitro* effect of gas compositions on the mycelial growth of *L. theobromae*, *Pestalotiopsis* sp, *R. Stolonifer* and *Alternaria alternata*. These pathogens were exposed to gas mixtures (3% O_2 + 5%, 8%, 10% or 12% CO_2 and 5% O_2 + 5%, 8%, 10% or 12% CO_2) under continuous flow at 25°C. Plates with pathogens exposed to 21% O_2/0,03% CO_2 were used as the control. The results showed that *L. theobromae* mycelial growth was stimulated by all atmospheres. The atmosphere of 3% O_2 + 10% or 12% CO_2 had the greatest inhibition effect on *Pestalotiopsis* sp. and *A. alternata*. For

R. stolonifer the atmospheres of 3% O_2 + 8%, 10% or 12% CO_2 and 5% O_2 + 10% or 12% CO_2 significantly inhibited the pathogen growth. In order to check the effect of MA on the fruit quality, persimmons were enclosed in packaging systems: 12-µm PVC (polyvinyl chloride); 80-µm LDPE (low density polyethylene); 80-µm LDPE (3% O_2/8% CO_2); 63-µm PO (multilayer polyolephynic); 63-µm PO (3% O_2/8% CO_2); 58-µm PO; 50-µm LDPE; 38-µm microperforated PO; 50-µm LDPE (3% O_2/8% CO_2); 50-µm LDPE (3% O_2/10% CO_2). Furthermore, to verify the effect of MA on disease control, persimmons were inoculated with spore suspension of *R. stolonifer* ($5x10^5$ cfu.mL^{-1}) and enclosed in the packaging systems: 50-µm LDPE; 50-µm LDPE (3% O_2/8% CO_2); 50-µm LDPE (3% O_2/10% CO_2). Fruits in corrugated cardboard boxes were used as control. Fruits were kept at 1°±1°C/90±5% RH until 90 days. Periodically, the packaging systems were transferred to 25°±1°C/80±5% RH for an additionally period of five days. The following analysis were performed: headspace gas composition, sensory, physical-chemical and phytopathological. The 58-µm PO film kept the quality of the fruits up to 84 days. The 80-µm LDPE film was effective in delaying fruit ripening, but had the risk of anaerobiosis and promoted the excessive CO_2 accumulation (≈18%). The same film with lower thickness, 50-µm, showed satisfactory results for the persimmon storage, inhibiting the development of *R. stolonifer* and keeping the fruit quality for 84 days. None of the gas mixtures had effect on the fruit shelf-life. Off-flavours were not detected by sensory analysis in none of the experiments.

Key words: *Diospyrus kaki* L., packaging, storage, fungi.

3 INTRODUÇÃO

O cultivo do caquizeiro possui elevada importância econômica no Brasil. É cultivado nas regiões Sul e Sudeste, onde ocorrem condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento. O Estado de São Paulo é o principal produtor de caqui, com 84 mil toneladas produzidas no ano de 2000 (IEA, 2000), sendo que Mogi das Cruzes contribui com 40% da produção, Ibiúna 7%, Guararema e Morungaba 5%. Além do mercado interno, o caqui tem grandes perspectivas de exportação, tendo gerado um valor de U$285 mil no ano de 1999, de acordo com a Food and Agricultural Organization (FAO) (2001).

Os frutos apresentam boa aceitação no mercado, excelente sabor, aparência e qualidade nutricional. Dentre as cultivares existentes, ocorre um especial interesse por aquelas que possuem os frutos não taninosos, que podem ser consumidos imediatamente após a colheita. A cultivar Fuyu tem frutos grandes não adstringentes e coloração interna amarelo-alaranjada, sendo citada como a principal cultivar em exploração atualmente (Brackmann & Saquet, 1995).

A safra do caqui se concentra nos meses de fevereiro a maio, dependendo da cultivar e local de produção, sendo que nesse período ocorre grande oferta no mercado, obrigando os produtores a venderem os frutos por preços pouco rentáveis. Após o mês de junho os preços começam normalmente a reagir, porém os produtores têm dificuldade para conservar a qualidade das frutas até esta época.

Esse é um dos grandes problemas enfrentados pela cultura, além da concorrência com frutas mais tradicionais (laranja, banana, maçã) e a falta de tecnologia pós-colheita, principalmente para o armazenamento e controle de doenças.

A literatura sobre armazenamento de caqui reflete a importância do armazenamento desta fruta para transporte a mercados distantes e para estender o período de comercialização em mercados locais (Collins & Tisdell, 1996).

Com o objetivo de solucionar tais problemas, os produtores vêem buscando alternativas, como cultivos tardios, manejo da cultura e/ou técnicas de armazenamento visando prolongar a vida útil do fruto, tentando alcançar melhores preços na entressafra.

A temperatura de armazenamento é um ponto crítico para a conservação e controle de podridões pós-colheita de frutos, fazendo com que todos os outros métodos de controle sejam algumas vezes descritos como suplementares à refrigeração. Isto deve-se ao fato de que a diminuição da temperatura suprime o desenvolvimento de patógenos, além de prolongar o período pós-colheita dos frutos.

Entretanto, mesmo sob condições adequadas de temperatura e umidade relativa não se obtém conservação satisfatória por longo período, proporcionada pela perda de peso e de firmeza, escurecimento de casca e incidência de podridões. Como alternativa,

utiliza-se embalagens de polietileno que, juntamente com o armazenamento refrigerado, possibilita a diminuição da perda de peso, além de proporcionar o desenvolvimento de atmosfera modificada, que atua retardando o amadurecimento dos frutos, diminuindo as taxas de respiração e de produção de etileno, retardando o amolecimento e reduzindo todas as mudanças composicionais associadas com o amadurecimento. Como efeito benéfico adicional, a prevenção ou atraso do amadurecimento tem um efeito indireto no desenvolvimento de podridões, considerando-se que frutos maduros são mais suscetíveis à infecção por microrganismos (Kader, 1980; Barkai-Golan, 1990).

Atualmente, existe uma tendência do setor de alimentos na substituição dos métodos de preservação que alteram química e fisicamente os frutos para métodos menos severos. A resposta das indústrias de alimentos tem sido investir em novas tecnologias que satisfaçam esta demanda. Desde então, tem sido dada grande atenção ao acondicionamento dos frutos em atmosfera modificada, porque atende à crescente demanda dos consumidores por alimentos frescos e de boa qualidade, com maior vida útil, porém sem conservantes.

Sendo assim, o desenvolvimento de tecnologia pós-colheita adequada à melhor conservação dos frutos torna-se de grande importância, uma vez que proporciona um aumento no período de comercialização, de forma a oferecer o produto numa época do ano em que normalmente estaria pouco disponível, além de agregar maior valor ao produto.

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da atmosfera modificada ativa e passiva na conservação de caqui cv. Fuyu e na redução da ocorrência de podridões pós-colheita, afim de se disponibilizar aos produtores uma técnica para prolongar o período de armazenamento e comercialização do fruto.

4 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura inclui aspectos relativos à fisiologia pós-colheita, ao uso de atmosfera modificada para conservação de caqui e sua influência no controle de doenças pós-colheita.

4.1 Fisiologia pós-colheita e armazenamento refrigerado

O caqui (*Diospyrus kaki* L.) é originário da China, embora seu desenvolvimento comercial se deu no Japão. Nos últimos 20 anos, houve uma expansão da produção de caqui para a Austrália, Nova Zelândia e América do Sul (Collins & Tisdell, 1995).

As cultivares de caqui são classificadas em dois grupos: aquelas que não exibem mudanças na cor da polpa sob a influência da polinização e, aquelas em que a polpa da fruta é escurecida como resultado da polinização, respectivamente, denominadas de “polinização constante” e “polinização variável”. Cada um destes grupos pode ser subdividido

em dois grupos adicionais: adstringente e não adstringente. O caqui ‘Fuyu’ classifica-se como sendo de polinização constante e não adstringente (Salunkhe & Desai, 1984; Taylor, 1993). As cultivares não adstringentes podem ser consumidas como fruta fresca, enquanto que, as adstringentes necessitam da remoção da adstringência antes de serem consumidas.

O processo de maturação corresponde a um processo fisiológico irreversível que estabelece o final do desenvolvimento e início da senescência do fruto. Algumas modificações que ocorrem durante esta fase são: maturação das sementes, alterações na coloração, mudanças nas taxas respiratória e de produção de etileno, modificações na permeabilidade dos tecidos e amolecimento, como conseqüência das mudanças na composição das substâncias pécticas, assim como alterações na composição dos carboidratos, ácidos orgânicos, proteínas, compostos fenólicos e pigmentos, produção de compostos voláteis e desenvolvimento de ceras sobre a casca (Wills et al., 1981; Chitarra & Chitarra, 1990).

Após serem colhidos, a respiração consiste no principal processo fisiológico dos frutos, que utilizam suas próprias reservas de substratos, acumulados durante o crescimento e a maturação, para se manterem vivos (Chitarra & Chitarra, 1990).

A taxa respiratória é um excelente indicador da atividade metabólica do tecido que, juntamente com o tipo ou padrão respiratório, determina a longevidade dos frutos na fase pós-colheita. Em função do padrão respiratório, os frutos podem ser classificados em dois grandes grupos: os não climatéricos, que apresentam um declínio constante na taxa respiratória em função do tempo; e os climatéricos, que apresentam um aumento marcante na taxa respiratória no final do período de maturação, denominado pico climatérico ou climatério (Wills et al., 1981; Chitarra & Chitarra, 1990).

Segundo Hardenburg et al. (1986), o caqui é uma fruta climatérica com baixa taxa de respiração (2 a 5 mg $CO_2.kg^{-1}.h^{-1}$, a 0°C e, 30 a 40 mg $CO_2.kg^{-1}.h^{-1}$, a 25°C). Kader (1992) recomenda a temperatura de 0°C/85-95% UR para o armazenamento da fruta, relatando ainda que as concentrações toleráveis de O_2 e CO_2 para caqui são, respectivamente, mínimo de 3% e máximo de 10%. De acordo com Penteado (1986), frutos da cv. Rama Forte podem ser conservados por até 30 dias, enquanto da cv. Fuyu podem ser mantidos por até 90 dias em condições de armazenamento refrigerado.

De acordo com alguns autores (Martins & Pereira, 1989; Penteado, 1986; Wheeler et al., 1989; Ben-Arie & Zutkhi, 1992; Lee et al., 1993; Brackmann et al., 1997), a temperatura de 0°C é adequada para o armazenamento de caquis. Esta temperatura é eficiente para retardar o amadurecimento dos frutos durante 72 dias de armazenamento, principalmente se estiverem embalados, proporcionando uma atmosfera modificada (Brackmann et al., 1997). Outros autores (Lyon et al., 1992; Turk, 1993) afirmam que os frutos se conservam melhor na temperatura de 1°C, podendo ser armazenados por até três meses.

O caqui é muito susceptível a distúrbios fisiológicos, especialmente, escurecimento de polpa e de casca durante o armazenamento. Os distúrbios podem estar relacionados com fatores de campo e baixa temperatura de armazenamento (Lee et al., 1993). Por outro lado, Yamamura et al. (1984) e Park (1999) relatam que este escurecimento é causado, principalmente, pela atividade da polifenoloxidase e pela concentração de substrato presente.

O longo período de armazenamento refrigerado pode resultar em danos pelo frio (“chilling”). Os sintomas externos são freqüentemente ausentes, sendo expressos pela

formação de gel na polpa que pode evoluir para a transparência da casca, não necessariamente acompanhados por amolecimento, mas que tornam a fruta não comercializável (MacRae, 1987, citado por Collins & Tisdell, 1995; Clark & MacFall, 1996; Woolf et al., 1997). A gelificação da polpa está associada a uma rápida solubilização de substâncias pécticas que são mais viscosas do que as solubilizadas durante o amadurecimento normal (Grant et al., 1992). A suscetibilidade ao "chilling" varia em função da cultivar e do estádio de maturação dos frutos.

Brackmann & Saquet (1995), trabalhando com caqui 'Fuyu', colhido no ponto de maturação em que os frutos apresentavam a coloração da casca verde-amarelada, armazenado a 0,5°C sob atmosfera controlada (2%O_2/8%CO_2) por 90 dias, verificaram que os frutos apresentaram, no final do período de armazenamento, níveis satisfatórios de firmeza de polpa e baixos percentuais de podridões, não detectando-se sabor estranho nos frutos.

O caqui 'Fuyu' colhido em estádio mais avançado de maturação, isto é, com a casca totalmente alaranjada, pode ser conservado a temperaturas de 0°C e 5°C, durante 45 e 37 dias, respectivamente. À temperatura de 8°C, pode ser armazenado com maturação mais atrasada, com coloração verde-alaranjada (Sigrist, 2000*), observando-se que frutas em estádio de maturação mais avançado apresentam menor suscetibilidade ao dano pelo frio.

Sargent et al. (1993), citado por Moura et al. (1997), recomendam para o armazenamento de caqui 'Fuyu' a temperatura de 20°C, quando se deseja um rápido amadurecimento e, 0°C, para um longo armazenamento.

---

* SIGRIST, J.M.M. (Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas, ITAL – Campinas). Comunicação pessoal, 2000.

A temperatura de 0°C foi eficiente para retardar o amadurecimento de caqui ‘Taubaté’ conservando-se por 72 dias, quando embalado em filme de PVC (Moura et al., 1997).

4.2 Uso de atmosfera modificada em caqui e controle de doenças

Os fatores primários que atuam na manutenção da qualidade e extensão do período pós-colheita dos frutos são a ótima maturidade na colheita, a ausência de danos mecânicos, o uso de procedimentos de sanitização e ótimas condições de temperatura e umidade relativa durante o armazenamento. Os fatores secundários incluem a modificação das concentrações de O_2, CO_2 e/ou C_2H_4 na atmosfera ao redor do fruto, a níveis diferentes daqueles encontrados em armazenamento sob atmosfera normal. Este processo é conhecido como atmosfera controlada (AC) ou modificada (AM) (Kader et al., 1989). Uma vez que a composição final da atmosfera não é controlada, mas é dependente da interação entre produto, barreira e ambiente, o termo “atmosfera modificada” foi adotado para distinguir esta técnica da convencional “atmosfera controlada” (Smith et al., 1987; Kader, 1992).

A utilização de AC, apesar da boa eficiência na conservação dos frutos, não é viável para pequenos produtores de caqui. Neste caso, a utilização de AM poderá ser uma alternativa técnica e economicamente possível de ser adotada.

A atmosfera modificada pode ser criada passivamente no interior da embalagem, através do consumo de O_2 e produção de CO_2 pela respiração do produto. Neste caso, a habilidade para regular a atmosfera estabelecida na embalagem dependerá da respiração do fruto e da permeabilidade da embalagem. Como alternativa, a AM pode ser

conseguida ativamente, através de injeção de mistura gasosa no interior da embalagem, visando estabelecer rapidamente a atmosfera desejada (Kader, 1992). Alguns tipos de polímeros são usados para obtenção de atmosfera modificada, embora os mais comuns sejam os diferentes tipos de polietileno. A natureza e espessura do filme e sua interação com temperatura e umidade relativa determinará sua permeabilidade e o grau de modificação da atmosfera (Pesis et al., 1986; Smith et al., 1987; Yahia, 1998).

A permeabilidade a gases dos filmes plásticos, sendo dependente da temperatura, geralmente aumenta com a elevação da mesma. Portanto, a especificação da barreira a gases da embalagem depende da temperatura durante o armazenamento e distribuição. Além disso, a solubilidade do CO_2 na umidade do produto decresce com o aumento da temperatura. Portanto, o uso de embalagens não irá reduzir nem tampouco eliminar a necessidade de refrigeração (Sarantópoulos et al., 1996).

Quando os frutos são acondicionados em filmes dois processos ocorrem simultaneamente: respiração e permeação. Na respiração, o O_2 é continuamente consumido pelo fruto e o CO_2 é liberado. Como se forma um gradiente de concentração desses gases entre o interior e o exterior da embalagem, o O_2 começa a permear para dentro do filme e o CO_2 em sentido contrário. O material da embalagem deve, portanto, apresentar uma taxa de permeabilidade ao O_2 que compense o consumo deste gás e uma taxa de permeabilidade ao CO_2 que permita a saída deste. Desta forma, os teores de O_2 e CO_2 não devem ultrapassar os limites de tolerância do fruto a esses gases (Zagory & Kader, 1988).

Os materiais predominantemente usados como embalagem para produtos que “respiram” são filmes poliolefínicos (simples, laminados ou co-extrusados), devido às boas propriedades de barreira ao vapor d’água, relativamente alta taxa de

permeabilidade a O_2 e CO_2 e boas características de termosselagem (Kader et al., 1989). Várias formulações de PVC também são utilizadas na produção de filmes, os quais apresentam moderada taxa de permeabilidade ao vapor d'água e podem apresentar altas taxas de permeabilidade ao O_2 e CO_2. Entre os filmes poliolefínicos co-extrusados, a família PD-900, produzida pela Cryovac® apresenta alta permeabilidade a gases, específica para manter a correta AM de frutos, mantidos sob refrigeração. Outros filmes, baseiam-se na perfuração do material de embalagem. Filmes microperfurados a *laser* apresentam furos de 20 a 100 μm de diâmetro, que conferem ao material alta permeabilidade a gases e com capacidade de minimizar a perda de peso. O uso de filme microperfurado não permite a associação com injeção de mistura gasosa (Sarantópoulos et al., 1996).

Os mesmos autores relatam ainda que alguns desenvolvimentos têm sido feitos com o objetivo de obter materiais cuja permeabilidade se altere com a temperatura na mesma proporção que a taxa de respiração do fruto.

Os efeitos positivos do uso de filmes para o acondicionamento dos frutos incluem: o aumento da vida útil; a diminuição das perdas durante a distribuição; melhor apresentação do produto; eliminação ou redução do uso de fungicidas; possibilidade de margem de lucro, pois adiciona valor ao produto; a redução da superfície de abrasão, evitando o contato do fruto com o contentor; melhor sanitização, pela redução da contaminação do fruto durante o manuseio; a manutenção de alta umidade relativa, reduzindo a perda de peso, além de propiciar uma barreira à dispersão de doenças de uma unidade para outra. Dentre as desvantagens, destacam-se o custo adicional com embalagens, equipamentos e gases, necessidade de controle de temperatura durante o armazenamento e distribuição, necessidade de otimização de um sistema específico de embalagem em relação ao fruto e, possível

condensação de água no interior do filme, que pode favorecer o crescimento de fungos e aumentar os problemas devido a doenças (Kader et al., 1989, Sarantópoulos et al., 1996).

A respiração fornece a energia necessária para a manutenção dos processos bioquímicos e da integridade celular dos frutos. A diminuição da taxa respiratória e conseqüente redução das reações metabólicas, promovidas pela diminuição nos níveis de O_2 e aumento de CO_2, atrasam o amadurecimento e a senescência dos frutos devido reduzir a utilização de carboidratos, ácidos orgânicos e outras reservas (Kader, 1986; Lougheed, 1987; Weichmann, 1987; Wang, 1990; Mathooko, 1996a).

Frutos climatéricos são caracterizados pelo aumento da produção de etileno e da taxa de respiração no início do amadurecimento. Para estes frutos, o etileno exerce um papel essencial na iniciação do amadurecimento (Kader, 1980; Mathooko, 1996b). Níveis de O_2 abaixo de 8% reduzem a taxa de produção de etileno, enquanto que, altas concentrações de CO_2 ($\geq$ 5%) podem inibir, promover ou não exercer efeito sobre a produção e ação deste hormônio. Consequentemente, todas as reações associadas com a ação do etileno, como por exemplo, aumento da taxa respiratória, síntese de enzimas de amadurecimento, amolecimento e mudanças nas substâncias pécticas da parede celular, são reduzidas (Wang, 1990; Mathooko, 1996b). Entretanto, para frutos que normalmente produzem altos níveis de etileno, altas concentrações podem se acumular no interior das embalagens acelerando o amadurecimento dos frutos. Neste caso, deve-se utilizar absorvedores de etileno, como o permanganato de potássio, afim de atrasar a senescência dos frutos (Kader, 1980).

Os benefícios promovidos pela AM dependem da espécie do fruto, cultivar, idade fisiológica (estádio de maturação), qualidade inicial, concentração de O_2 e CO_2 e temperatura e tempo de exposição a estas condições (Kader et al., 1989; Yahia, 1998). A

exposição de um fruto a níveis de O_2 ou CO_2 abaixo ou acima, respectivamente, de seu limite de tolerância, resultará em estresse aos tecidos do mesmo, manifestado por vários sintomas como, amadurecimento irregular, iniciação e/ou agravamento de certos distúrbios fisiológicos, desenvolvimento de sabor e odor desagradáveis e, aumento da suscetibilidade a doenças (Kader, 1986; Pesis et al., 1986; Lougheed, 1987; Kader et al., 1989).

Ito (1970) sugere que a ótima condição para o uso de atmosfera controlada em caqui 'Fuyu' é 3-5% O_2 e 8% CO_2 a 1°C/90-100% UR, resultando em frutos de boa qualidade por até três meses. O caqui pode ser armazenado a 0°C embalados em sacos de polietileno (60 μm), promovendo uma pequena modificação da atmosfera controlada, com uma condição de 5-8% O_2 e 5% CO_2.

Ben-Arie & Zutkhi (1992) observaram que o uso de filmes de polietileno (60 e 80 μm) retardou o amadurecimento e inibiu o desenvolvimento de distúrbios de casca e de polpa de caqui 'Fuyu', mantendo excelente qualidade por 18 semanas.

A incidência de podridões durante o armazenamento, principalmente após pesadas chuvas durante o período final de desenvolvimento do fruto, pode ser um fator limitante para o armazenamento prolongado. Vários tratamentos de pré e pós-colheita têm sido propostos para reduzir a incidência de podridões, mas significativas perdas pós-colheita devido a doenças ocorrem durante o armazenamento (Prusky et al., 1981; Prusky et al., 1997).

De acordo com Prusky et al. (1997), a podridão causada por *Alternaria alternata* causa severas perdas pós-colheita em caqui, em Israel e, é caracterizada por manchas escuras que começam a aparecer durante o amadurecimento dos frutos. Outros prejuízos podem ser causados por *Botritys*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Mucor*, *Penicillium*, *Phoma* e *Rhizopus* (Snowdon, 1990).

Os fungos infectam as frutas durante seu desenvolvimento pela penetração direta, por aberturas naturais ou via ferimentos ou podem permanecer quiescente até a fruta ser colhida ou durante o armazenamento prolongado (Prusky, 1996). Os ferimentos são, freqüentemente, o meio usual pelo qual os fungos penetram nos frutos, independente da capacidade do microrganismo penetrar diretamente. Cortes, abrasões e outros ferimentos não podem ser completamente evitados durante a colheita e manuseio pós-colheita. Com o ferimento da epiderme, os esporos encontram nutrientes e umidade favoráveis para germinação e colonização dos tecidos do fruto (Sommer, 1982).

De maneira geral, os frutos colhidos em estádio de maturação verde, fisiologicamente desenvolvidos, exibem considerável resistência aos patógenos. O início do amadurecimento e senescência dos frutos resulta no início da suscetibilidade à infecção por patógenos. Condições de atmosfera controlada atrasam o amadurecimento e a senescência dos frutos e, consequentemente, reduzem a suscetibilidade dos mesmos à infecção por microrganismos.

Um reduzido nível de O_2 ou elevado nível de CO_2 tem efeito inibitório no desenvolvimento de patógenos (Wells e Uota, 1970; Sommer, 1982; Herner, 1987; Kader, 1992; Prusky et al., 1997). A atmosfera formada dentro dos filmes plásticos, combinadas com baixa temperatura, podem afetar indiretamente o desenvolvimento de microrganismos, devido manter a resistência do hospedeiro à infecção, bem como, agir de forma direta sobre os patógenos, através da supressão de vários estágios de desenvolvimento. Para alguns frutos, entretanto, a supressão satisfatória de doenças pode somente ser conseguida pela combinação de tratamentos fungicidas com atmosfera modificada e baixa temperatura (Barkai-Golan, 1990).

O mesmo autor afirma que, as alterações nas concentrações de gases atmosféricos podem ser benéficas somente quando elas atrasam a deterioração das frutas ou hortaliças sem danificá-las. O dano aos tecidos induzidos por atmosfera modificada imprópria pode afetar interações patógeno-hospedeiro e levar ao aumento do desenvolvimento de doenças pelo aumento da suscetibilidade do hospedeiro para infecção microbiana (Lougheed, 1987).

As concentrações de O_2 e CO_2 requeridas para inibir o desenvolvimento e/ou germinação de esporos variam com a espécie do fungo, mas, geralmente a diminuição no nível de O_2 de 21% para 5% tem pouco ou nenhum efeito sobre a germinação de esporos ou crescimento micelial, sendo necessário níveis de O_2 abaixo de 1% e/ou níveis de CO_2 acima de 10% para suprimir, significativamente, o desenvolvimento de fungos. Entretanto, nem todos os frutos toleram tais concentrações sem que apresentem distúrbios fisiológicos (Sommer, 1982; Kader, 1986; Kader et al., 1989; Barkai-Golan, 1990).

Significativas mudanças fisiológicas ocorrem no hospedeiro e no patógeno durante o amadurecimento da fruta para ativar infecções quiescentes. Os mecanismos de resistência foram fundamentados em quatro hipóteses: (a) reações do hospedeiro e exigências nutricionais do patógeno, (b) compostos antifúngicos pré-formados, (c) compostos antifúngicos induzidos ou fitoalexinas e, (d) ativação de fatores patogênico-fúngicos (Jeffries et al., 1990; Ben-Arie et al., 1992; Prusky, 1996).

O uso de fungicidas em pós-colheita está cada vez mais limitado e, em alguns anos, provavelmente esteja proibido. Deste modo, vários métodos de controle de doenças, como físicos, alternativos e biológicos vêm sendo estudados, bem como, o manejo integrado em pós-colheita.

Dos métodos físicos empregados para o controle pós-colheita de *A. alternata* em caqui, o uso de atmosfera modificada surge como o mais importante. Isto pode ser resultado do efeito combinado de CO_2 e acetaldeído que acumulam-se no interior da embalagem durante o armazenamento, que inibem de forma direta o crescimento do fungo (Ben-Arie et al., 1992).

Trabalhos realizados visando a obtenção de frutas de boa qualidade durante o armazenamento prolongado, através do uso de atmosfera modificada, mostraram que o acondicionamento das frutas em filmes de polietileno de baixa densidade resultou em um significativo atraso no amadurecimento da fruta, bem como, no desenvolvimento de podridões (Ben-Arie et al., 1991).

Barkai-Golan (1990) relatou que a supressão de desenvolvimento de patógenos pelo baixo nível de O_2 é, provavelmente, devido aos efeitos no sistema transportador de elétrons, entretanto, outras enzimas oxidativas presentes nas células podem também ser suprimidas pelo baixo teor de O_2. Em altos níveis de CO_2, muitos patógenos são suprimidos pela redução nos níveis de várias funções metabólicas, resultando no decréscimo da respiração.

A concentração de CO_2 requerida para inibir o desenvolvimento micelial varia com a espécie do fungo. O desenvolvimento micelial de *A. alternata* diminui linearmente com o aumento da concentração de CO_2 de 10 a 45%, na qual alcança-se total inibição. Altos níveis de CO_2 suprimem o desenvolvimento de muitos patógenos pela inibição de várias funções metabólicas. A atmosfera dentro da embalagem mostrou aumentos em voláteis naturais produzidos pelo caqui, como o CO_2, acetaldeído e etanol. O acetaldeído é

registrado como um composto com propriedades fungicidas e inseticidas que afetam patógenos pós-colheita (Prusky et al., 1997).

Pekmezci et al. (1997) relataram que frutos de caquizeiro ‘Fuyu’, no Japão, puderam ser armazenados durante 5 a 6 meses, a 0°C, quando acondicionados, individualmente, em sacos de polietileno com espessura de 60 μm. Frutos da mesma cultivar, na Nova Zelândia, puderam ser armazenados por somente quatro semanas, sob as mesmas condições, sendo o fator limitante, a suscetibilidade ao dano pelo frio (Ben-Arie & Zutkhi, 1992; Pekmezci et al., 1997).

Em Israel, Ben-Arie et al. (1996) verificaram que caquis cv. Triumph tratados com GA_3 - 50 $mg.L^{-1}$, 10-14 dias antes da colheita, quando submetidos ao armazenamento a 1°C em sacos de polietileno de baixa densidade (80 μm), à vácuo, apresentaram período de conservação máxima de oito semanas e, quando submetidos a 100% N_2, foram conservados por 20 semanas.

Trabalhando com caqui ‘Fuyu’ e ‘Rama Forte’, no Brasil, Brackmann et al. (1997) registraram que em condições de atmosfera modificada, em filme de polietileno de baixa densidade (40 μm), as frutas apresentaram qualidade satisfatória até dois meses de armazenamento. Como se pode observar, há diferenças no período de conservação do caqui em função da região de produção e da cultivar.

Caquis foram acondicionados em filme de polietileno de 60 μm com diferentes tratamentos de gás (5% O_2 + 5 % CO_2, 5% O_2 + 10% CO_2, 10% O_2 + 5% CO_2, 10% O_2 + 10% CO_2) e armazenados por 24 semanas a 0°C. A podridão do fruto foi causada principalmente por *A. alternata* e *Gloeosporium kaki* durante o armazenamento, e a ocorrência

foi muito menor nos frutos embalados em 5% O_2 + 10% CO_2 e 10% O_2 + 10% CO_2 (Park et al., 1997).

Para que a técnica de atmosfera modificada seja eficiente, o processo de amadurecimento dos frutos deve ser atrasado sem causar algum efeito negativo sobre a qualidade dos mesmos. Portanto, torna-se imperativo que qualquer condição de atmosfera modificada que prove ser efetiva no aumento do período de armazenamento dos frutos seja avaliada quanto aos seus possíveis efeitos nos atributos de qualidade (aparência, textura, sabor, odor) do fruto.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Com o objetivo de avaliar o efeito de atmosfera modificada no controle de doenças e na qualidade de caqui cv. Fuyu, procedeu-se, inicialmente, o isolamento dos fungos e os testes de patogenicidade, além de ensaios *in vitro* sobre o efeito de diferentes atmosferas no crescimento micelial de diferentes patógenos. Foram realizados também três experimentos com frutos acondicionados em diferentes sistemas de embalagem, os quais foram avaliados quanto aos parâmetros físico-químicos, fitopatológicos e sensorial.

5.1 Isolamento e identificação dos principais agentes causais de doenças de caqui pós-colheita

Foram realizados isolamentos a partir de caquis ‘Fuyu’, ‘Rama Forte’, ‘Giombo’ e ‘Taubaté’ provenientes de diferentes regiões produtoras do Estado de São Paulo, mantidos sob condições de ambiente (25°±1°C/80±5% UR) durante cinco a sete dias, para o aparecimento de podridões.

Dos frutos com sintomas de podridões foram retirados fragmentos, procedendo-se a assepsia com álcool etílico (70%) durante 30 segundos e hipoclorito de sódio (1,5%) por 60 segundos. Para a eliminação de resíduos, os fragmentos foram lavados com água destilada esterilizada e colocados em papel-filtro para retenção do excesso de umidade. Posteriormente, os fragmentos foram transferidos para placas contendo meio de cultura BDA (batata-dextrose-ágar), acrescido de oxitetraciclina (50 $\mu g.mL^{-1}$), e incubados a 25°±1°C até o aparecimento de colônias bem definidas dos fungos, sofrendo transferências subsequentes em BDA até a obtenção de colônias puras (Tuite, 1969). Em seguida, os fungos foram identificados e preservados em tubos de cultura com BDA mais 2 mL de óleo mineral (Nujol) esterilizado, e mantidos em sala climatizada (20°-25°C). O diagnóstico das doenças foi feito com base em chave de classificação, microscopia e bibliografias.

5.2 Teste de patogenicidade

5.2.1 Inóculo

Os fungos foram, primeiramente, retirados dos tubos de preservação e transferidos para placas contendo BDA acrescido de oxitetraciclina (50 $\mu g.mL^{-1}$). Os patógenos *Lasiodiplodia theobromae*, *Pestalotiopsis* sp., *Rhizopus stolonifer* e *Alternaria alternata* foram incubados à temperatura de 25°±1°C pelo período de cinco a sete dias.

5.2.2 Inoculação dos frutos

Caquis cv. Fuyu, provenientes de Mogi das Cruzes/SP, foram desinfestados superficialmente pela imersão em solução de hipoclorito de sódio (0,5%) durante dois minutos e, em seguida, lavados duas vezes em água destilada. Os frutos foram dispostos sobre papel absorvente ao ar livre para secagem da água superficial.

Posteriormente, os frutos foram inoculados através de ferimento de 3 mm de diâmetro e 3 mm de profundidade, com micélio dos fungos previamente preparados, como descrito anteriormente. Após a inoculação, os frutos foram acondicionados em sacos plásticos ligeiramente umidecidos (Prusky et al., 1981). Cada isolado contou com 10 repetições. A incubação foi realizada sob temperatura de 25°±1°C em câmara de maturação por cinco dias, para os isolados de *L. theobromae*, *Pestalotiopsis* sp., *R. stolonifer* e *A. alternata*, ocasião em que foram feitas as avaliações de incidência e severidade das podridões.

5.3 Efeito de diferentes composições gasosas sobre o crescimento micelial de fungos causadores de podridões pós-colheita em caqui, *in vitro*

O efeito direto de composições gasosas (O_2/CO_2) no desenvolvimento de patógenos de caqui cv. Fuyu, foi determinado em testes *in vitro*. Para tanto, os fungos foram, primeiramente, retirados dos tubos de preservação e transferidos para placas contendo meio de cultura BDA acrescido de oxitetraciclina (50 $\mu g.mL^{-1}$). Em seguida, os patógenos foram incubados à temperatura de 25°±1°C, com alternância de luz fluorescente (12/12 h), pelo período de cinco dias.

Para placas contendo BDA mais oxitetraciclina (50 $\mu g.mL^{-1}$) foram transferidos discos de 3 mm de diâmetro do micélio do patógeno, obtidos das placas anteriormente incubadas (Prusky et al., 1997). Posteriormente, as placas foram colocadas em frascos, onde foram expostas a diferentes misturas gasosas: 3% O_2 e 5%, 8%, 10% ou 12% CO_2; 5% O_2 e 5%, 8%, 10% ou 12% CO_2. As diferentes atmosferas foram mantidas sob fluxo contínuo umidecido de aproximadamente 16 $L.h^{-1}$, a 25°C, através de um dispositivo para misturar gases e controlar o fluxo (Calbo, 1989) (Apêndice 1), por um período de 96 h, para *A. alternata* e *Pestalotiopsis* sp., 72 h para *L. theobromae* e, 30 h para *R. stolonifer*. Como testemunha, placas com o fungo foram mantidas sob fluxo contínuo de ar atmosférico umedecido (21% O_2/0,03% CO_2), por igual período. O tempo de exposição aos gases foi estipulado em no máximo 96 h, ou até que, na testemunha, o micélio do fungo atingisse a borda das placas. Durante o período em que as culturas dos fungos foram expostas às diferentes composições gasosas, as concentrações dos gases foram monitoradas diariamente através de analisador de gases PBI Dansensor.

Após serem retiradas do sistema de fluxo contínuo de gases, as placas com as culturas dos fungos foram mantidas em incubadora para B.O.D., à 25°C, e o diâmetro das colônias foi medido diariamente, até que o micélio atingisse a borda da placa.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4, e a média dos resultados foi comparada pelo teste de Tukey. Foram utilizadas 8 repetições com uma placa como unidade experimental.

5.4 Armazenamento de caqui 'Fuyu' sob atmosfera modificada

5.4.1 Efeito de sistemas de embalagem plástica na qualidade de caqui cv. Fuyu

Frutos provenientes da região produtora de Pilar do Sul/SP, em estádio de maturação alaranjado com traços de verde ao redor do cálice, foram selecionados pelo estádio de maturação, tamanho, ausência de podridões e de danos mecânicos. Em seguida, foram submetidos a um tratamento fitossanitário, com imazalil a 500 $\mu L.L^{-1}$. Em sala climatizada (16-17°C), os frutos foram pesados (peso médio de 300 g) e, em porções de três, foram acondicionados em diferentes sistemas de embalagem: 1 – Testemunha (caixas de papelão ondulado); 2 – Filme de PVC (policloreto de vinila) de 12 µm, envolvendo bandejas de poliestireno expandido (23 x 26 cm); 3 – Filme de PEBD (polietileno de baixa densidade) de 80 µm; 4 – Filme de PEBD (80 µm), com injeção de mistura gasosa (3% O_2 + 8% CO_2); 5 – Filme PO (multicamada coextrusado à base de poliolefinas), 63 µm, tipo PD-900, produzido pela Cryovac®; 6 – Filme PO (63 µm), com injeção de mistura gasosa (3% O_2 + 8% CO_2). As características dos sistemas de embalagem estão apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1 - Características dos sistemas de embalagem, relacionadas à modificação da atmosfera.

Tratamentos	Espessura (µm)	Taxa de permeabilidade a gases (cm^3 CNTP. m^{-2}. dia^{-1}) O_2 / CO_2	Taxa de permeabilidade a vapor d' água (g água.m^{-2}.dia^{-1}, a 38°C e 90% UR)
Testemunha	-	- -	-
PVC	12	10555 / 20033	337
PEBD	80	1287 / 6386	7,2
PEBD (8% CO_2+3% O_2)	80	1287 / 6386	7,2
PO	63	3940 / 22360	33,1
PO (8% CO_2+3% O_2)	63	3940 / 22360	33,1

Os frutos embalados foram colocados em caixas de papelão ondulado e armazenados a 1°±1°C/90±5% UR, pelo período de até 40 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 4 repetições, com 3 frutos como unidade experimental. A cada 10 dias, 4 repetições por tratamento foram avaliadas quanto à concentração dos gases no interior das embalagens (O_2, CO_2) e, em seguida, foram transferidas para condições de ambiente (25°±1°C/85±5% UR) por mais 3 dias, quando efetuou-se as seguintes análises:

a) ***Composição gasosa*** (O_2, CO_2): injetando-se 300 μL de gás, coletado do espaço-livre das embalagens, em cromatógrafo a gás Varian, modelo 3400, com detector de condutividade térmica a 140°C, operando com colunas Peneira Molecular 13X e Poropak N a 50°C e injetor a 70°C. Os resultados de cromatografia foram analisados por um integrador Intralab, modelo 4290, com base em curvas padrões obtidas com gases de calibração. Os resultados foram expressos em porcentagem em volume de gás.

b) ***Etanol/acetaldeído***: injetando-se 1 mL de amostra do gás do espaço-livre da embalagem em cromatógrafo a gás, CG 37370, operando com detector de ionização de chama a 250°C, coluna 10% Carbowax sobre Chromosorb W a 80°C, vaporizador a 150°C, fluxo de argônio (gás de arraste) de 20 $mL.min^{-1}$ e dos gases do detector (H_2/O_2) de 20/40 $mL.min^{-1}$ com atenuação 10 x.

c) ***Cor da casca e cor da polpa***: em colorímetro Minolta, modelo Chroma meter CR 300, sistema L* a* b* (Lyon et al., 1992), com seis leituras por fruto para cor de casca e duas leituras por fruto para cor de polpa.

d) ***Resistência da polpa à penetração (N):*** através de penetrômetro Effegi FT 327, ponteira 8 mm, efetuando-se a leitura em dois pontos na região equatorial dos frutos, após a retirada da casca.

e) ***Perda de peso:*** pesando-se os frutos em balança semi-analítica Mettler Toledo-PB 3002, sendo determinado a diferença entre peso final e inicial, expressando-se os resultados em %.

f) ***Sólidos solúveis (°Brix):*** determinado no suco da fruta, obtido pela centrifugação de três frutos por repetição, utilizando-se refratômetro manual, marca Atago, com escala de 0 a 32°Brix.

g) ***pH:*** determinado potenciometricamente em pHmetro Mettler Toledo-320, no suco da fruta (1:9), obtido pela centrifugação de três frutos por repetição, segundo a metodologia de Carvalho et al. (1990).

h) ***Acidez total:*** determinada nas amostras anteriormente preparadas para determinação de pH, empregando-se NaOH (0,1 N) para titulação até atingir pH 8,1. O resultado foi expresso em g ácido málico. 100 mL^{-1} (Carvalho et al., 1990).

i) ***Podridões: Incidência*** (% de ocorrência) e ***Severidade:*** de acordo com a escala de notas: 0= ausência de podridões; 1 = ≤25% de área com sintomas de podridão; 2 = 26-50%; 3 = 51-75%; 4 = 76-100%.

j) ***Distúrbios fisiológicos:*** avaliado pela ocorrência e severidade de escurecimento de casca, como descrito por Park (1999): ocorrência (%)= n° de frutos com escurecimento/n° de frutos avaliados x 100; severidade (%): (1A+3B+5C+7D+9E+0F)/(9 x n° de frutos avaliados) x 100, onde A=<1%; B=1-5%; C=6-25%; D=26-50%; E=51-100%; F=0% de escurecimento, respectivamente.

k) ***Avaliação sensorial:*** realizada por uma equipe de 12 provadores não treinados, que

avaliaram a intensidade de odor e sabor estranhos nos frutos, de acordo com a seguinte escala estruturada de notas: 1-isento; 2-ligeiro; 3-moderado; 4-intenso; 5-muito intenso, de acordo com Jacomino (1999) (Apêndice 2).

Os resultados foram avaliados em delineamento inteiramente casualizado e as médias foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.2 Efeito da atmosfera modificada passiva em prolongar o período de conservação de caqui 'Fuyu'

Frutos provenientes da região produtora de Pilar do Sul/SP, em estádio de maturação verde com traços de amarelo, foram selecionados pela uniformidade de maturação, tamanho, fitossanidade e ausência de danos mecânicos. Em seguida, foram submetidos a um tratamento fitossanitário prévio, com imazalil a 500 $\mu L.L^{-1}$. Em sala climatizada (16-17°C), os frutos foram pesados e, em porções de três frutos (peso médio de 250 g), foram acondicionados em diferentes embalagens: 1 – Testemunha (caixas de papelão ondulado); 2 – Filme PO (multicamada coextrusado à base de poliolefinas) 58 μm, tipo PD – 900, produzido pela Cryovac®; 3 – Filme de PEBD (polietileno de baixa densidade) 50 μm; 4 – PO 38 μm, tipo Clysar HP microperfurado, produzido pela DuPont®. As características dos sistemas de embalagem encontram-se no Quadro 2.

QUADRO 2 - Características dos sistemas de embalagem, relacionadas à modificação da atmosfera.

Tratamento	Espessura (μm)	Taxa de permeabilidade a gases (cm^3 CNTP.m^{-2}.dia^{-1}, a 25°C e 1 atm) O_2 / CO_2	Taxa de permeabilidade a vapor d' água (g água/m^2/dia, a 38°C 90% UR)
Testemunha	-	- / -	-
PO	58	3433 / 22360	33,1
PEBD	50	4211 / 17808	8,6
PO microperfurado	38	2713 / 27907	11,6

Os frutos embalados foram acondicionados em caixas de papelão ondulado e armazenados a 1°±1°C/90±5% UR, pelo período de até 90 dias. O experimento foi realizado em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, com três frutos como unidade experimental. A cada sete dias, cinco repetições por tratamento foram avaliadas quanto à concentração de gases no interior das embalagens (O_2, CO_2) e, em seguida, foram transferidos para condições de ambiente (25°±1°C/70±5 % UR), onde permaneceram por mais cinco dias, quando avaliou-se a concentração de gases no espaço-livre (O_2, CO_2, acetaldeído, etanol) e os parâmetros físico-químicos, fitopatológicos e sensorial dos frutos. A metodologia utilizada na execução das análises foram as mesmas descritas no item 5.4.1, com exceção da avaliação sensorial, a qual foi realizada por uma equipe de 12 provadores não treinados que avaliaram a intensidade de odor e sabor estranhos, textura e qualidade global dos frutos, adotando-se a análise descritiva qualitativa simples, utilizando-se escala de notas não estruturada (Mori, 1982) (Apêndice 3).

As médias dos resultados foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.3 Efeito da atmosfera modificada ativa e passiva no controle de *Rhizopus stolonifer* e na qualidade de caqui cv. Fuyu

5.4.3.1 Frutos não inoculados

Caquis 'Fuyu' provenientes da região produtora de Pilar do Sul/SP, em estádio de maturação amarelo com traços de verde, foram selecionados pela uniformidade de maturação, tamanho, fitossanidade e ausência de danos mecânicos. Em seguida, em sala climatizada (16-17°C), os frutos foram pesados (peso médio de 200 g) e, em porções de três, foram acondicionados em diferentes sistemas de embalagem: 1 – Testemunha (caixas de papelão ondulado); 2 – Filme PEBD (polietileno de baixa densidade) de 50 µm; 3 – Filme PEBD (50 µm), com injeção de mistura gasosa (3% O_2 + 8% CO_2); 4 – Filme PEBD (50 µm), com injeção de mistura gasosa (3% O_2 + 10% CO_2). A embalagem foi utilizada envolvendo bandejas de poliestireno expandido (15 x 21 cm) e possuía as seguintes características: taxa de permeabilidade a O_2 de 4211 e a CO_2 de 17808 cm^3 CNTP.m^{-2}.dia^{-1}, à 25°C e 1 atm e, taxa de permeabilidade a vapor d'água de 8,6 g água.m^{-2}.dia^{-1}, à 38°C/90% UR.

Os frutos embalados foram colocados em caixas de papelão ondulado e armazenados a 1°±1°C/90±5% UR, pelo período de até 90 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 4 repetições, com 3 frutos como unidade experimental. A cada 15 dias, avaliou-se a composição gasosa do espaço-livre das embalagens (O_2, CO_2), bem como, os parâmetros físico-químicos e fitopatológicos. Após a transferência dos frutos para condições de ambiente (25°±1°C/80±5% UR), onde permaneceram por cinco dias, foram analisados: composição gasosa (O_2, CO_2, acetaldeído, etanol), e parâmetros físico-

químicos, fitopatológicos e sensorial, de acordo com as metodologias descritas no item 5.4.1, com algumas modificações:

a) ***Composição gasosa (CO_2/O_2) do espaço-livre***: com auxílio de um analisador de gases PBI Dansensor, utilizando-se alíquotas de 30 mL de gás, obtidas do interior das embalagens, através de coleta via septo.

b*) Resistência da polpa à penetração (N)*: através de texturômetro TA-XT2, ponteira 8 mm, com distância e velocidade de penetração de 9 mm e 1mm/min, respectivamente, efetuando-se a leitura em dois pontos na região equatorial dos frutos, após a retirada da casca.

c) ***Avaliação sensorial****:* segundo metodologia descrita no item 5.4.2.

As médias dos resultados foram submetidas a análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4.3.2 Frutos inoculados com *Rhizopus stolonifer*

A avaliação do efeito da atmosfera modificada no controle da podridão de *Rhizopus* em caqui, foi realizada com base nos resultados obtidos no estudo dos principais patógenos de caqui pós-colheita.

Caquis ‘Fuyu’ provenientes da região produtora de Pilar do Sul/SP, colhidos em estádio de maturação amarelo com traços de verde, foram selecionados e, em seguida, foram desinfestados superficialmente pela imersão em solução de hipoclorito de sódio (0,5%) durante dois minutos e, logo após, lavados duas vezes em água destilada. Os frutos foram dispostos sobre papel absorvente ao ar livre para secagem da água superficial.

Posteriormente, os frutos foram inoculados através de injeção subcuticular, em três pontos de cada fruto, de 5 μL da suspensão de esporos ($5x10^5$ ufc.mL^{-1}) de *R. stolonifer*, com auxílio de uma seringa de cromatografia (Apêndice 4). A suspensão dos esporos foi preparada colocando-se água destilada esterilizada nas placas de petri com a cultura do fungo e, com o auxílio de uma alça de Drigalsky, promoveu-se a formação de uma suspensão de esporos e micélio. A suspensão foi filtrada em gaze e diluída até a obtenção de, aproximadamente, 10^5 ufc.mL^{-1}, determinada pela contagem em câmara de Neubauer. Para melhor dispersão dos esporos na suspensão, adicionou-se Tween 20 na proporção de 1 gota para 100 mL da suspensão, segundo a metodologia de Silva (1998).

Após a inoculação, os frutos foram acondicionados nos mesmos sistemas de embalagem utilizados para os frutos não inoculados. Posteriormente, foram colocados em caixas de papelão ondulado e armazenados a 1°±1°C/90±5% UR, pelo período de até 90 dias. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 5 repetições, com 3 frutos como unidade experimental. A cada 15 dias, 5 repetições por tratamento foram avaliadas quanto à concentração de gases no interior das embalagens (O_2, CO_2) e, em seguida, foram transferidas para condições de ambiente (25°±1°C/80±5% UR) por mais 5 dias, quando efetuou-se as análises de composição gasosa do espaço-livre (O_2, CO_2, acetaldeído e etanol), de acordo com a metodologia descrita no item 5.4.3.1, bem como as avaliações de incidência e severidade da podridão (item 5.4.1). Os resultados foram expressos em índice de doença através da fórmula:

$$ID\ (\%) = \frac{(n_1x1) + (n_2x2) + (n_3x3) + (n_4x4)}{4 \times N} \times 100, \text{ onde:}$$

ID = índice de doença; $n_{1...4}$ = n° de frutos infectados (escala de notas); N = n° total de frutos.

As médias dos resultados foram submetidas à análise de variância e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para efeito de análise estatística, as médias foram transformadas em $(X + 0,5)^{1/2}$.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do isolamento, do teste de patogenicidade, dos ensaios *in vitro* sobre o efeito de diferentes atmosferas no crescimento micelial de diferentes patógenos, além das avaliações dos parâmetros físico-químicos, fitopatológicos e sensorial dos caquis acondicionados em sob atmosfera modificada, são apresentados a seguir.

6.1 Isolamento e teste de patogenicidade

Das amostras de caqui coletadas foram identificados os seguintes patógenos causando podridões em pós-colheita: *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* (=*Botryodiplodia*), *Pestalotiopsis* sp., *Mucor*, *Cladosporium*, *Phomopsis*, *Penicillium* e *Alternaria alternata*, anteriormente relatados por Prusky et al. (1997) e Snowdon (1990), sendo que o último não apresentou-se como o de maior incidência, como relatado nas literaturas de outros países produtores de caqui (Ben-Arie et al., 1992; Prusky et al., 1981,1997; Snowdon, 1990).

Dos patógenos identificados na safra 1999, *R. stolonifer* mostrou-se o de maior incidência. Por outro lado, o fungo *Pestalotiopsis* sp., seguido por *L. theobromae*, foram os que apresentaram maior incidência nos frutos coletados nas safras 2000/2001. Esta diferença, provavelmente, deve-se às condições climáticas durante o período final de crescimento e maturação dos frutos, que apresentou-se com alta pluviosidade no ano de 1999.

Os resultados obtidos nos testes de patogenicidade com *R. stolonifer*, *L. theobromae*, *Pestalotiopsis* sp. e, *Alternaria alternata* (Quadro 3), mostram que o fungo *R. stolonifer* é mais agressivo na colonização dos tecidos de caqui, desenvolvendo lesões de aproximadamente 37,80 mm de diâmetro após cinco dias da inoculação (Apêndice 5), seguido por *L. theobromae*, com 14,60 mm de diâmetro, *A. alternata*, com 11,15 mm e, *Pestalotiopsis* sp., com 7,20 mm. O método empregado na inoculação dos frutos mostrou-se eficiente, atingindo 100% dos ferimentos inoculados com o fragmento dos micélios.

QUADRO 3: Incidência e severidade de podridões em caqui 'Fuyu' inoculado após armazenamento a 25°±1°C/80±5% UR por cinco dias.

Fungo	Incidência (%)	Severidade (mm)[x]
Rhizopus stolonifer	100	37,80
Lasiodiplodia theobromae	100	14,58
Pestalotiopsis sp.	100	7,18
Alternaria alternata	100	11,15
Testemunha	0	0,00

[x]Média de 10 repetições com unidade experimental constituída por um fruto com dois pontos de inoculação cada.

A podridão de *Rhizopus* evoluiu rapidamente nos frutos infectados, os quais perderam completamente a firmeza e exsudaram suco devido ao rompimento das células, ação de enzimas produzidas pelo fungo, especialmente poligalacturonase (Wells, 1968), além de apresentarem descoloração da casca no local da lesão. O patógeno cresce

preferencialmente sob temperatura entre 25-30°C e alta umidade relativa (Gupta & Pathak, 1990), sendo seu crescimento suprimido em temperaturas inferiores a 5°C (Dennis, 1983).

Os primeiros sinais dos sintomas da doença causada por *L. theobromae* aparecem na região peduncular do fruto como um pequeno círculo escurecido. Rapidamente, os sintomas tornam-se visíveis na região estilar, caracterizados pelo escurecimento do tecido. As frutas inoculadas na região equatorial apresentaram escurecimento do tecido, com a presença de mofo branco acinzentado, com margem encharcada e leve amolecimento. De acordo com Snowdon (1990), este patógeno cresce moderadamente a 20°C, sendo a temperatura ótima de crescimento ao redor de 30°C.

Os sintomas causados por *Pestalotiopsis* sp. em caqui foram caracterizados por lesões circulares de coloração branca, pouco profundas e secas, circundada por tecido amolecido. Temperaturas ao redor de 10°C reduzem a taxa de crescimento do fungo, enquanto que temperaturas entre 25°-30°C, podem causar substanciais perdas pós-colheita, por promoverem o crescimento do fungo (Snowdon, 1990).

A podridão de Alternaria consiste de pequenas manchas pretas com 10 a 15 mm em diâmetro com centro escuro e bordas difusas, conforme resultados observados neste trabalho. De acordo com Prusky (1993), o fungo penetra diretamente através da cutícula do fruto após a inoculação, porém, a via mais comum para infecção é através de ferimentos produzidos antes, durante ou após a colheita. O micélio de *A. alternata* pode permanecer em estádio quiescente nos espaços intercelulares durante a fase de crescimento do fruto até o amadurecimento e senescência dos tecidos, quando então retoma o crescimento (Perez et al., 1995). O patógeno desenvolve-se, preferencialmente, sob altas temperaturas (20° a 25°C) e umidade relativa (95%) (Prusky et al., 1981; Prusky, 1993).

6.2 Efeito de diferentes composições gasosas sobre o crescimento micelial de fungos causadores de podridões pós-colheita em caqui, *in vitro*

No Quadro 4, está resumida a análise de variância para os efeitos dos tratamentos sobre o crescimento micelial de *Rhizopus stolonifer*. Observa-se que houve influência significativa do CO_2 logo após a retirada das placas do sistema de fluxo contínuo de gases (0 h) e, após 2 e 4 h, nota-se que tanto o O_2 quanto o CO_2 influenciaram de modo significativo o crescimento micelial do patógeno, não havendo influência da interação entre eles.

Verifica-se, pelo Quadro 5, que a diminuição dos níveis de O_2 e aumento dos níveis de CO_2 exerceram efeito positivo no controle do crescimento micelial *in vitro* de *R. stolonifer*. Observa-se que, após as placas terem sido retiradas do sistema de gases (0 h), todas as composições gasosas testadas exerceram efeito de supressão do crescimento micelial do patógeno, mais pronunciado para as atmosferas de 3% O_2/8% CO_2; 3% O_2/10% CO_2; 3% O_2/12% CO_2; 5% O_2/8% CO_2; 5% O_2/10% CO_2, 5% O_2/12% CO_2. Tal comportamento também foi observado após 2 h da retirada das placas do sistema de fluxo contínuo de gases e, após 4 h as atmosferas que exerceram maior efeito de supressão foram 3% O_2/8% CO_2; 3% O_2/10% CO_2; 3% O_2/12% CO_2, 5% O_2/10% CO_2, 5% O_2/12% CO_2.

QUADRO 4 - Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Rhizopus stolonifer*.

Tratamentos e interação	Período de avaliação (h)		
	0	2	4
	----------Significância do teste de Tukey[x]----------		
Testemunha x Fatorial	**	**	*
O_2	n.s.	*	**
CO_2	**	**	**
O_2 x CO_2	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	5,78	4,06	3,21

[x] n.s. = não significativo; *,** = significativo ao nível de 5 ou 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 5 - Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Rhizopus stolonifer*, após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 30 h a 25°C.

Tratamento		**Tempo após término dos tratamentos**		
		0 h	2 h	4 h
O_2 (%)	**CO_2 (%)**	----------Diâmetro da colônia (mm)[x]----------		
21	0,03	79,50 a	81,63 a	82,00 a
3	5	68,94 b	75,63 b	79,31 a
3	8	58,44 c	67,44 cd	72,94 bc
3	10	54,44 cd	63,81 cde	69,44 cd
3	12	52,00 d	61,25 e	66,63 d
5	5	69,63 b	78,69 ab	81,56 a
5	8	58,38 c	68,00 c	73,31 b
5	10	54,56 cd	64,19 cde	69,75 bcd
5	12	53,69 cd	63,31 de	69,56 bcd

[x]Média de 8 repetições
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

Nota-se pelo Quadro 6 que houve influência significativa do CO_2 sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata*, após a retirada das placas do sistema de gases (0 h). Após 24 e 48 h da retirada das placas do sistema, nota-se influência significativa do O_2 e do CO_2, mas não com a interação entre eles. Após 72 e 96 h apenas o O_2 exerceu influência sobre o crescimento micelial. Após este período, não houve influência dos tratamentos sobre o crescimento micelial. Verifica-se ainda que as concentrações que exerceram efeito

significativo sobre a inibição do crescimento micelial do patógeno (Quadro 7), na primeira avaliação (0 h) foram: 3% O_2/8% CO_2, 3% O_2/10% CO_2, 3% O_2/12% CO_2, 5% O_2/8% CO_2, 5% O_2/10% CO_2, 5% O_2/12% CO_2. Após 48 h de exposição aos gases, as atmosferas que ainda exerciam efeito de supressão foram as de 3% O_2/10% CO_2 e 3% O_2/12% CO_2. Após 72 h, nenhuma diferença significativa entre os tratamentos foi observada.

QUADRO 6 - Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Alternaria alternata*.

Tratamentos e interação	Período de avaliação (h)					
	0	24	48	72	96	120
	----------Significância do teste de Tukey[X]----------					
Testemunha x Fatorial	**	**	*	*	n.s.	n.s.
O_2	n.s.	*	**	**	**	n.s.
CO_2	**	**	**	n.s.	n.s.	n.s.
O_2 x CO_2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	5,59	5,49	5,32	5,97	5,63	4,15

[X] n.s. = não significativo; *,** = significativo ao nível de 5 ou 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 7 - Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Alternaria alternata*., após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 96 h a 25°C.

Tratamento		**Tempo após término dos tratamentos**					
		0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
O_2 (%)	**CO_2 (%)**	----------Diâmetro da colônia (mm)[x]----------					
21	0,03	37,63 a	45,81 a	54,56 a	63,81 a	69,50 a	75,50 a
3	5	35,75 ab	45,38 ab	55,56 ab	60,44 a	66,38 a	75,56 a
3	8	32,88 bcd	43,19 abc	52,44 ab	60,19 a	66,69 a	75,63 a
3	10	30,19 de	40,44 c	49,44 b	58,81 a	64,31 a	72,06 a
3	12	29,75 e	40,38 c	49,38 b	58,88 a	64,56 a	71,75 a
5	5	35,25 ab	45,63 a	54,50 a	63,00 a	68,38 a	75,88 a
5	8	33,50 bc	44,56 ab	54,44 a	63,00 a	68,25 a	75,50 a
5	10	31,25 cde	42,13 abc	52,25 ab	62,13 a	68,19 a	74,81 a
5	12	30,19 de	41,75 bc	51,75 ab	61,94 a	67,81 a	74,25 a

[x]Média de 8 repetições
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

No Quadro 8 está resumida a análise de variância para os efeitos dos tratamentos sobre o crescimento micelial de *Lasiodiplodia theobromae*. Observa-se que houve

influência significativa com as interações O_2 x CO_2, logo após a retirada das placas do sistema de fluxo contínuo de gases (0 h). Nas demais datas de avaliação esta influência passa a ser não significativa.

Verifica-se pelo Quadro 9 que a diminuição dos níveis de O_2 e aumento dos níveis de CO_2, exerceram efeito negativo na supressão do crescimento micelial *in vitro* de *L. theobromae*. Observa-se que, após as placas terem sido retiradas do sistema de gases (0 h), houve uma tendência de estímulo do crescimento do micélio em todas as composições gasosas empregadas, sendo em alguns casos (3% O_2/5% CO_2; 3% O_2/10% CO_2; 3% O_2/12% CO_2; 5% O_2/8% CO_2; 5% O_2/12% CO_2) até superior significativamente à testemunha. Tal comportamento também foi observado após 24 h da retirada das placas do sistema de fluxo contínuo de gases, constatando-se diferenças significativas entre a testemunha e as composições de 3% O_2/10% CO_2 e 5% O_2/8% CO_2 e, a partir de então, não constatou-se diferenças entre os tratamentos. Nota-se portanto, que as diferentes atmosferas exerceram efeito estimulatório sobre o crescimento micelial de *L. theobromae*.

QUADRO 8 - Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Lasiodiplodia theobromae*.

Tratamentos e interação	Período de avaliação (h)			
	0	24	48	72
	----------Significância do teste de Tukey[X]----------			
Testemunha x Fatorial	**	**	n.s.	n.s.
O_2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
CO_2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
O_2 x CO_2	**	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	11,54	5,90	1,65	0,43

[X] n.s. = não significativo; *,** = significativo ao nível de 5 ou 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 9 - Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Lasiodiplodia theobromae*, após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 72 h a 25°C.

Tratamento		**Tempo após término dos tratamentos**			
		0 h	24 h	48 h	72 h
O_2 (%)	**CO_2 (%)**	----------Diâmetro da colônia (mm)[x]----------			
21	0,03	58,31 c	74,19 b	82,00 a	82,00 a
3	5	75,63 ab	80,31 ab	81,00 a	82,00 a
3	8	67,44 abc	77,44 ab	81,00 a	81,63 a
3	10	80,56 a	82,00 a	82,00 a	82,00 a
3	12	75,50 ab	80,63 ab	82,00 a	82,00 a
5	5	69,44 abc	79,38 ab	81,44 a	82,00 a
5	8	75,25 ab	81,75 a	82,00 a	82,00 a
5	10	67,25 bc	78,63 ab	81,56 a	82,00 a
5	12	75,50 ab	79,63 ab	81,88 a	82,00 a

[x]Média de 8 repetições
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

Para *Pestalotiopsis* sp., nota-se que houve influência significativa tanto do O_2 quanto do CO_2 sobre o crescimento micelial do patógeno, não havendo influência com a interação entre eles (Quadro 10). Este comportamento se mantêm até 96 h após a retirada das placas do sistema, sendo que, após 120 h, somente o O_2 exerceu influência sobre o crescimento do patógeno. Verifica-se ainda que as concentrações que exerceram efeito significativo sobre a inibição do crescimento micelial (Quadro 11), na primeira avaliação (0 h) foram: 3% O_2/8% CO_2, 5% O_2/8% CO_2, 5% O_2/10% CO_2, 5% O_2/12% CO_2, 3% O_2/10% CO_2, 3% O_2/12 % CO_2, sendo as duas últimas concentrações as que apresentaram os melhores efeitos. Nas demais avaliações, nota-se que somente as concentrações de 3% O_2/10% CO_2 e 3% O_2/12 % CO_2 exerceram efeito significativo sobre a inibição do crescimento do patógeno e, após 120 h, nenhuma diferença significativa entre os tratamentos foi observada.

QUADRO 10 - Significância do teste de Tukey da análise de variância para o efeito dos tratamentos, sobre o crescimento micelial de *Pestalotiopsis* sp.

Tratamentos e interação	Período de avaliação (h)					
	0	24	48	72	96	120
	----------Significância do teste de Tukey[X]----------					
Testemunha x Fatorial	**	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
O_2	*	*	**	**	**	*
CO_2	**	**	**	**	**	n.s
O_2 x CO_2	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
C.V. (%)	5,16	6,64	6,53	7,05	6,35	4,68

[X] n.s. = não significativo; *,** = significativo ao nível de 5 ou 1% de probabilidade, respectivamente.

QUADRO 11 - Desenvolvimento micelial *in vitro* de *Pestalotiopsis* sp., após exposição à composições gasosas, sob fluxo contínuo, durante 96 h a 25°C.

Tratamento		**Tempo após término dos tratamentos**					
		0 h	24 h	48 h	72 h	96 h	120 h
O_2 (%)	**CO_2 (%)**	----------Diâmetro da colônia (mm)[x]----------					
21	0,03	61,31 a	62,63 a	65,56 ab	71,13 ab	73,75 ab	75,44 a
3	5	58,81 ab	61,31 ab	65,31 abc	70,06 ab	73,06 ab	76,75 a
3	8	56,56 bc	60,50 ab	65,63 ab	71,50 ab	75,63 ab	77,56 a
3	10	50,75 d	53,63 c	58,81 c	65,00 b	69,25 b	74,75 a
3	12	51,06 d	55,69 bc	60,63 bc	65,75 b	69,31 b	74,25 a
5	5	59,31 ab	63,63 a	69,00 a	74,75 a	76,94 a	79,25 a
5	8	56,63 bc	59,69 abc	65,50 abc	72,06 ab	74,88 ab	77,88 a
5	10	54,69 bcd	59,31 abc	64,19 abc	69,25 ab	71,94 ab	77,25 a
5	12	53,50 cd	58,50 abc	64,31 abc	70,13 ab	72,88 ab	76,31 a

[x]Média de 8 repetições
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

De acordo com Barkai-Golan (1990), o oxigênio é requerido para a respiração e crescimento do patógeno. Além disso, a elevação dos níveis de CO_2, acima de um certo nível, pode resultar na supressão direta do crescimento micelial, podendo estar relacionado à redução na taxa de várias funções metabólicas, resultando na diminuição da respiração. A combinação de baixos níveis de O_2 e elevados níveis de CO_2 não, necessariamente, resulta em efeitos aditivos dos dois componentes atmosféricos, podendo explicar os resultados obtidos para *R. stolonifer*, *A. alternata* e *Pestalotiopsis* sp. Para certos

fungos, a inibição do crescimento induzida pela baixa concentração de O_2 não é aumentada pela alta concentração de CO_2 na atmosfera.

O estímulo do crescimento micelial de *L. theobromae* promovido pelas diferentes atmosferas pode estar relacionado à fixação deste gás em ácidos do ciclo de Krebs quando o O_2 é limitante para o crescimento e quando a concentração de CO_2, maior que 0,03%, não é por si só inibitória (Wells, 1968; Wells & Uota, 1970; Barkai-Golan, 1990). Há relatos de estímulo do crescimento micelial para outros fungos. Barkai-Golan (1990) relatou o estímulo do crescimento de *Geotrichum candidum* na presença de 1% ou 3% O_2 observando ainda que, a concentração de 3% CO_2, na presença de qualquer concentração de O_2, promoveu estímulo do crescimento. O crescimento de *Gloeosporium album* foi estimulado na presença de 5% ou 10% CO_2 com 7,5% a 15% O_2.

A inibição da taxa de crescimento registrado para *L. theobromae* na presença de 2,3% O_2 + 5% CO_2 não foi maior do que a causada por 2,3% O_2 somente, sendo o crescimento estimulado pela adição de 5% CO_2. Entretanto, para *A. alternata* esta mesma composição foi eficiente na redução da taxa do crescimento micelial, sendo que, na presença de 2,3% O_2/18% de CO_2 a redução foi superior a 50% (El-Goorani & Sommer, 1979). Prusky et al. (1997) relataram que concentrações de 10%, 30% ou 60% CO_2, por 24 h a 20°C, inibiram o crescimento micelial de *A. alternata*, *in vitro*.

A existência da via anaeróbia do metabolismo no gênero *Rhizopus* foi relatada, permitindo que *R. stolonifer* possa utilizar efetivamente traços ou concentrações muito baixas de O_2 para crescimento e produção de enzimas extracelulares (Wells, 1968; Wells & Uota, 1970). Segundo Wells & Uota (1970) a inibição da taxa de crescimento micelial, *in vitro*, de *R. stolonifer*, na presença de 4% O_2 foi de 15% e , quando exposto a 2%

O_2, a redução foi de 50%. O crescimento micelial deste fungo foi inibido em 50% em 20% CO_2/21% O_2 e, a germinação dos esporos foi reduzida em 90% na presença de 16% CO_2. Han & Nout (2000) relataram que concentrações de CO_2 de 5 a 10% inibem o crescimento de *Rhizopus* spp. a níveis não limitantes de O_2.

6.3 Armazenamento de caqui sob atmosfera modificada

Os efeitos de atmosfera modificada no controle de podridões e na qualidade de caqui foram avaliados em três experimentos, cujos resultados são apresentados a seguir.

6.3.1 Experimento I: Efeito de sistemas de embalagem plástica sobre a qualidade de caqui cv. Fuyu

Os resultados referentes às análises de composição gasosa, dos parâmetros físico-químicos, fitopatológicos e sensorial, dos caquis acondicionados em diferentes sistemas de embalagem, estão apresentados a seguir.

a) Composição gasosa

Verifica-se pelas Figuras 1 e 2 que os fatores que mais afetaram a composição gasosa da atmosfera no interior das embalagens foram a taxa de permeabilidade a gases dos filmes e a temperatura de armazenamento. Não houve diferenças apreciáveis entre as atmosferas de equilíbrio estabelecidas nos filmes selados com e sem injeção de mistura

gasosa. No entanto, nas embalagens em que houve a injeção de gás, o equilíbrio estabeleceu-se mais rapidamente. Houve pouca variação em relação aos níveis de O_2 e CO_2, durante o armazenamento, uma vez que os níveis de equilíbrio foram estabelecidos. Estes níveis representam o equilíbrio estabelecido entre as taxas de respiração dos frutos em cada temperatura e as taxas de permeabilidade dos filmes para cada gás (Quadro 1). Sob armazenamento refrigerado os níveis médios de O_2 foram: 16,7%; 1,8%; 1,8%; 1,9%; 1,8%, referente aos filmes PVC 12 μm, PEBD 80 μm, PEBD 80 μm (3%O_2/8%CO_2), PO 63 μm, PO 63 μm (3%O_2/8%CO_2), respectivamente. Estes níveis mudaram para 10,3%; 2,6%; 2,1%; 3,0%; 4,4% após a transferência para condições de ambiente. Paralelamente, os valores médios encontrados para o CO_2 foram 2,2%; 9,8%; 8,6%; 4,3%; 4,2%, em armazenamento refrigerado e 4,5%; 23,1%; 23,8%; 8,3%; 7,6%, sob condições de ambiente, respectivamente aos tratamentos. Sob condições de ambiente, os menores níveis de O_2 e maiores de CO_2 encontrados no filme PEBD, com e sem a injeção de mistura gasosa, quando comparado ao filme PO está relacionado à menor taxa de permeabilidade aos gases, do primeiro. As mudanças nos níveis de equilíbrio após a transferência dos frutos para condições de ambiente, foram expressas por um significativo aumento da concentração de CO_2, nem sempre acompanhado pelo declínio da concentração de O_2, devido às características dos filmes quanto a permeabilidade aos gases.

Com o filme PVC 12 μm houve uma ineficiente modificação da atmosfera, devido à alta permeabilidade a gases do filme em relação à taxa de respiração do fruto. Após a transferência dos frutos para condições de ambiente (25°C/80% UR), os teores de O_2 decresceram e houve um pequeno acúmulo de CO_2, indicando que o efeito da temperatura foi maior no aumento da taxa de respiração comparativamente à taxa de

permeabilidade a gases do filme.

Para o filme PEBD 80 μm, com e sem injeção de mistura gasosa, os baixos níveis de O_2 alcançados, geram risco de anaerobiose. A taxa de permeabilidade a gases poderia ser aumentada reduzindo-se a espessura do filme (Apêndice 6).

O filme PO 63 μm, com e sem injeção de mistura gasosa, mostrou-se ser o mais promissor na manutenção da atmosfera no interior da embalagem. Nesta embalagem, não verificou-se risco de anaerobiose durante o período de análise, mesmo após transferência dos frutos para condições de ambiente.

Durante o armazenamento, houve um acúmulo de acetaldeído e etanol no interior das embalagens, sendo que, os máximos teores foram detectados na embalagem PEBD 80 μm, atingindo 34 $\mu g.L^{-1}$ para acetaldeído e 958 $\mu g.L^{-1}$ para etanol. Isto pode ser explicado pela alta barreira a gases que deste filme, que resultou em baixos níveis de O_2, que pode ter levado à respiração anaeróbia dos frutos, favorecendo um maior acúmulo de etanol na embalagem, especialmente a 25°C. Contudo, a avaliação sensorial não detectou a presença de odor ou sabor estranhos nos frutos em nenhum dos tratamentos (Figura 3).

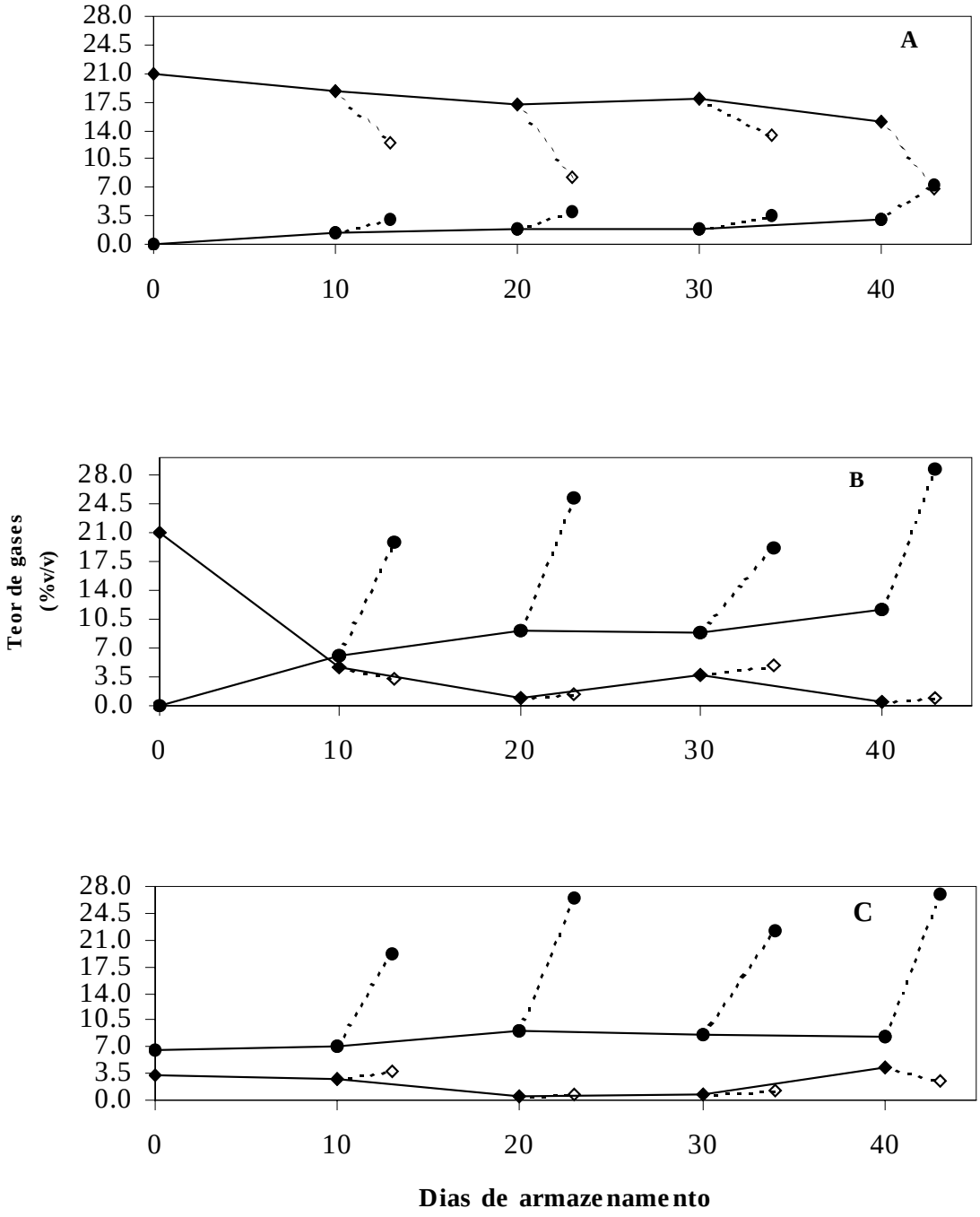


FIGURA 1 - Evolução dos teores de O_2 (—♦—) e CO_2 (—•—) no espaço-livre das embalagens PVC 12 μm (A), PEBD 80 μm (B), PEBD 80 μm (3% O_2+8% CO_2) (C), durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos 3 dias à 25°C/85% UR (----).

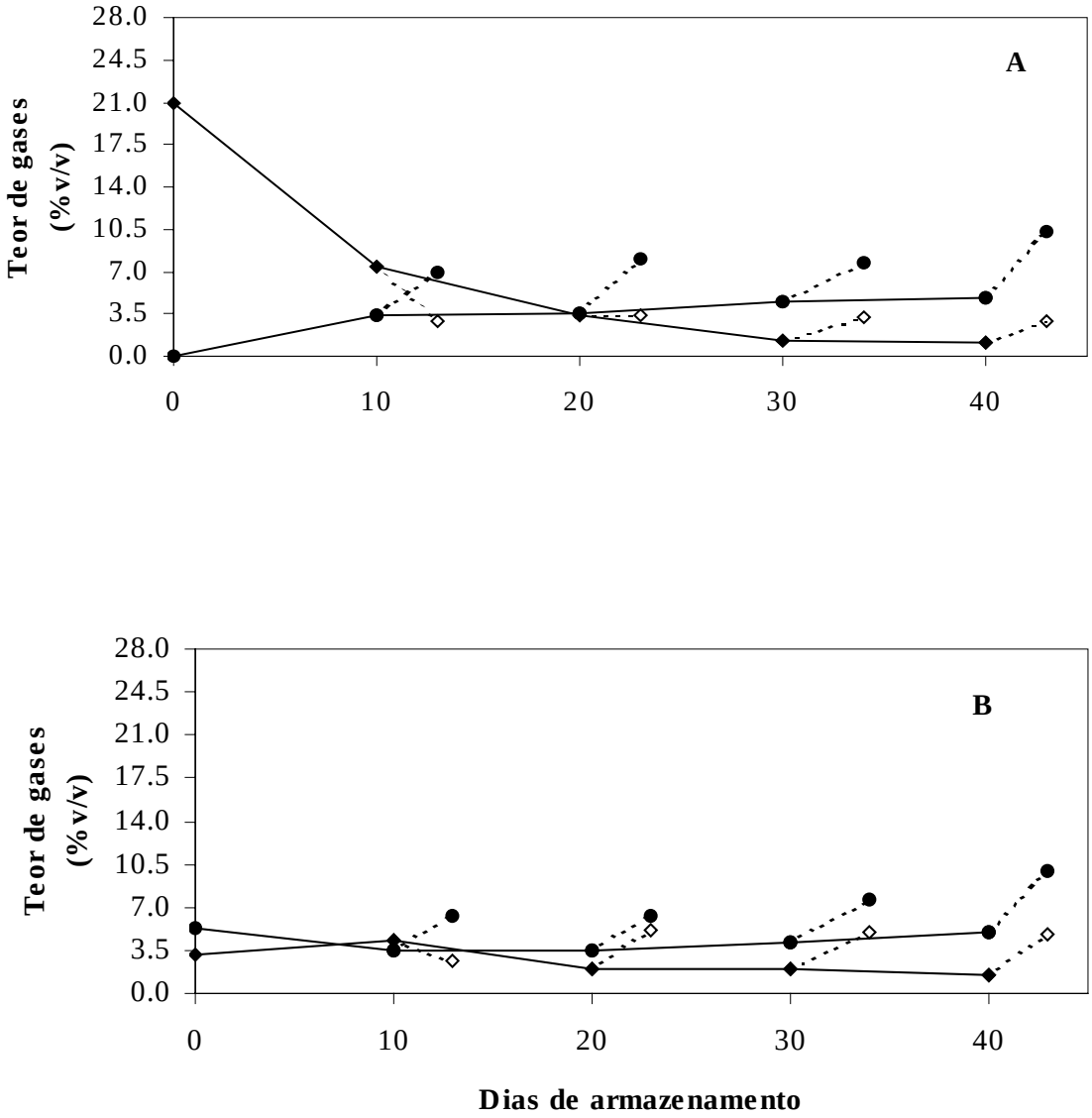


FIGURA 2 - Evolução dos teores de O_2 (—♦—) e CO_2 (—•—) no espaço-livre das embalagens PO 63 µm (A), PO 63 µm (3% O_2+8% CO_2) (B), durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos 3 dias à 25°C/85% UR (----).

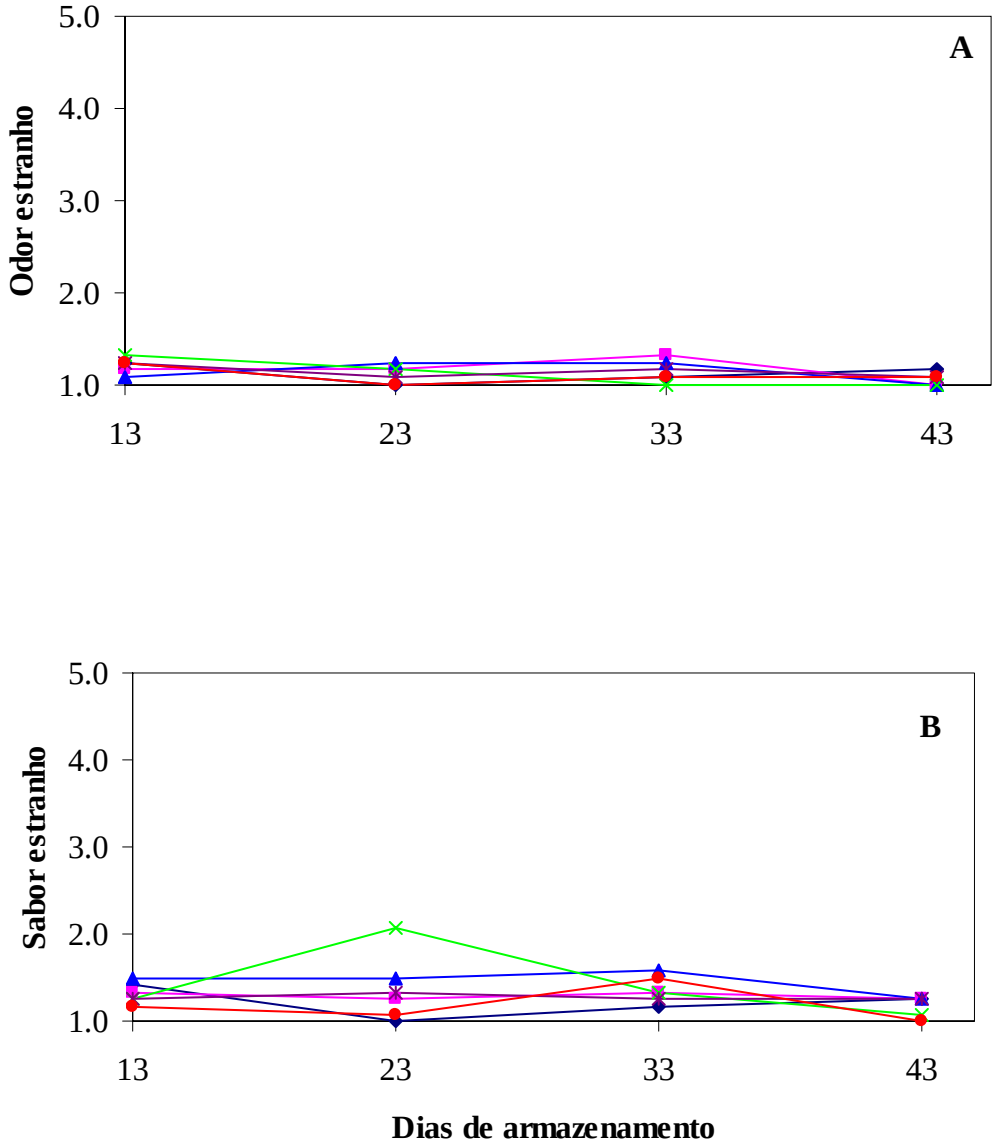


FIGURA 3 - Intensidade de odor (A) e sabor estranho (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PVC 12 µm (—■—), PEBD 80 µm (—▲—), PEBD 80 µm (3% O_2/8% CO_2) (—×—), PO 63 µm (—✻—), PO 63 µm (3% O_2/8% CO_2) (—●—), avaliado sensorialmente através de escala estruturada de notas, onde 1 = ausente e 5 = muito intenso, após armazenamento refrigerado (1°C) mais cinco dias a 25°C/85% UR. Odor e sabor estranho x sistemas de embalagem = n.s. (Tukey=0,05).

b) Perda de peso

De maneira geral, a perda de peso foi crescente no decorrer do período de armazenamento dos frutos (Quadro 12). O filme de PVC esticável foi o menos eficiente na redução da perda de peso, comparativamente, porém mostrou-se efetivo quando comparado à testemunha, devido à redução da perda de peso estar relacionada à taxa de permeabilidade ao vapor d' água e não à permeabilidade a gases (Quadro 1). Os filmes PEBD e PO foram os mais promissores em evitar a perda de peso dos frutos, diferindo significativamente da testemunha e do PVC a partir dos 10+3 dias.

QUADRO 12 – Perda de peso de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Perda de peso (%)[x]				
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	0	3,75 a	3,56 a	5,98 a	6,52 a
PVC		0,66 b	0,71 b	1,23 b	1,19 b
PEBD 80μm		0,12 c	0,25 b	0,24 c	0,31 c
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		0,12 c	0,19 b	0,22 c	0,23 c
PO		0,18 c	0,24 b	0,36 c	0,36 c
PO + 8%CO_2/3%O_2		0,17 c	0,20 b	0,36 c	0,37 c
C.V.(%)		13,01	33,85	21,64	21,07
DMS		0,24	0,65	0,68	0,71

[x]Média de quatro repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/85% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

c) Resistência da polpa à penetração

Verificou-se significativa e crescente perda de resistência da polpa à penetração nos frutos durante o armazenamento, mais pronunciada para a testemunha e para os envolvidos em PVC (Quadro 13). Nota-se diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos a partir dos 20+3 dias, mostrando-se menos resistente à penetração e, aos 30+3 dias, estes frutos e os envolvidos em PVC encontravam-se excessivamente

amolecidos, não mais comercializáveis. A manutenção da resistência da polpa à penetração dos frutos promovida pelos filmes PO e PEBD é um provável resultado do atraso da senescência, devido à redução da taxa de respiração em baixos níveis de O_2 e altos de CO_2.

QUADRO 13 – Resistência de polpa à penetração (N) de caqui 'Fuyu' submetido ao armazenamento sob atmosfera modificada.

Resistência de polpa à penetração (N)[x]					
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	40,3	17,1 b	7,8 c	2,2 b	2,1 c
PVC		21,0 ab	17,2 b	6,9 b	4,6 bc
PEBD 80μm		23,0 ab	18,6 ab	18,9 a	18,4 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		23,2 ab	22,7 ab	21,9 a	16,9 a
PO		18,7 ab	18,1 ab	16,2 a	15,7 a
PO + 8%CO_2/3%O_2		24,6 a	23,8 a	20,7 a	15,0 ab
C.V.(%)		13,53	15,85	26,55	38,60
DMS		6,48	6,43	8,64	10,53

[x]Média de quatro repetições, com três como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/85% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

c) Cor da casca e da polpa

Analisando-se o parâmetro cor de casca (Quadro 14), constatou-se que a testemunha evoluiu mais rapidamente do que os frutos envolvidos com filmes. Os resultados obtidos mostraram que a testemunha perdeu significativamente em luminosidade (L*) e, a partir dos 20+3 dias, o mesmo foi observado para os frutos envoltos em PVC, além destes frutos apresentarem maior índice de vermelho (a*) e, menor de amarelo (b*), até o período em que encontravam-se em estado de comercialização (20+3 dias), diferindo significativamente dos demais tratamentos, o que caracteriza maturação mais avançada.

Comportamento semelhante foi registrado para cor de polpa (Quadro 15). Os resultados mostraram diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos a partir dos 20+3 dias, inicialmente pela perda em luminosidade (L*) e, aos 30+3

dias, pelo menor índice de amarelo, seguido pelos frutos pertencentes ao tratamento PVC. Quanto ao índice de vermelho (a), tais frutos diferiram dos demais tratamentos somente aos 40+3 dias, quando encontravam-se em estádio sobremaduro.

QUADRO 14 – Cor de casca de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

Índice L[x,w]					
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	57,3	52,1 c	47,9 c	42,9 d	44,8 b
PVC		54,5 abc	53,0 b	47,7 c	44,8 b
PEBD 80µm		56,0 ab	55,0 ab	53,1 ab	54,4 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		56,7 a	56,2 a	56,6 a	52,4 a
PO		53,9 bc	55,9 a	49,2 bc	50,9 a
PO + 8%CO_2/3%O_2		54,4 abc	54,8 ab	53,6 a	52,0 a
C.V. (%)		2,02	2,23	3,52	4,07
DMS		2,48	2,70	4,00	4,57
Índice a[x,w]					
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	37,9	41,7 a	40,0 a	32,0 c	32,7 b
PVC		40,8 ab	38,3 a	35,3 bc	32,1 b
PEBD 80µm		39,4 bc	39,8 a	37,5 ab	48,3 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		38,5 c	38,9 a	38,2 ab	45,1 a
PO		41,1 ab	39,9 a	38,2 ab	42,1 a
PO + 8%CO_2/3%O_2		39,6 bc	39,7 a	40,0 a	43,9 a
C.V. (%)		2,03	3,29	4,58	8,69
DMS		1,83	2,92	3,80	4,48
Índice b[x,w]					
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	57,0	44,3 c	37,5 c	29,0 d	32,7 b
PVC		48,8 ab	46,1 b	37,4 c	32,1 b
PEBD 80µm		51,1 a	49,1 ab	42,5 bc	48,3 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		51,7 a	52,1 a	51,8 a	45,1 a
PO		47,0 bc	50,7 a	39,4 c	42,1 a
PO + 8%CO_2/3%O_2		49,7 ab	49,5 ab	47,6 ab	43,9 a
C.V. (%)		3,45	3,96	7,37	8,69
DMS		3,79	4,23	6,85	7,95

[x]Média de quatro repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/85% UR
[w]Em colorímetro Minolta, sistema L* a* b*, onde L* representa luminosidade (0=preto a 100=branco), a* e b* cromaticidade (a^-=verde a a^+=vermelho e, b^-=azul a b^+=amarelo)
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 15 – Cor de polpa de caqui ‘Fuyu’ armazenado sob atmosfera modificada.

Índice L[x,w]					
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	61,4	59,8 a	55,6 b	48,0 c	45,8 c
PVC		61,3 a	60,6 a	53,9 bc	49,3 bc
PEBD 80µm		62,2 a	60,0 ab	59,7 ab	60,7 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		63,2 a	61,7 a	61,6 a	58,5 a
PO		60,1 a	63,9 a	57,8 ab	56,7 ab
PO + 8%CO_2/3%O_2		60,0 a	59,9 ab	59,6 ab	60,1 a
C.V. (%)		3,21	3,43	4,64	7,26
DMS		4,41	4,65	5,92	9,01
Índice a[x,w]					
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	12,7	15,3 a	16,4 a	14,6 ab	11,7 b
PVC		15,7 a	14,1 a	12,9 b	11,5 b
PEBD 80µm		15,8 a	15,7 a	14,7 ab	15,7 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		16,3 a	16,2 a	14,6 ab	14,4 ab
PO		17,3 a	15,0 a	15,8 a	14,2 ab
PO + 8%CO_2/3%O_2		16,1 a	15,0 a	14,2 ab	13,7 ab
C.V. (%)		9,55	10,07	5,65	12,01
DMS		3,45	3,49	1,84	3,65
Índice b[x,w]					
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	39,1	43,2 a	40,5 a	35,3 c	31,0 c
PVC		42,9 a	41,1 a	37,8 bc	32,6 bc
PEBD 80µm		41,2 a	40,9 a	40,4 ab	41,5 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		44,0 a	42,3 a	41,4 a	38,9 ab
PO		43,9 a	42,1 a	39,9 ab	38,9 ab
PO + 8%CO_2/3%O_2		42,1 a	41,1 a	41,1 ab	39,8 a
C.V. (%)		3,00	3,53	3,89	8,49
DMS		2,90	3,28	3,44	7,09

[x]Média de quatro repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/85% UR
[w]Em colorímetro Minolta, sistema L* a* b* onde L* representa luminosidade (0=preto a 100=branco), a* e b* cromaticidade (a^-=verde a a^+=vermelho e, b^-=azul a b^+=amarelo)
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

d) Sólidos solúveis

Pelo Quadro 6, verifica-se que os teores de sólidos solúveis nos caquis ‘Fuyu’ tenderam a se elevar durante o período de armazenamento, principalmente na

fase final, sendo que, entre os tratamentos, em todas as datas de análise, os frutos testemunha apresentaram conteúdo de sólidos solúveis mais elevado que os demais tratamentos, nem sempre significativo estatisticamente, evidenciando que as atmosferas modificadas geradas pelos filmes foram eficientes em atrasar o amadurecimento dos frutos.

QUADRO 16 – Sólidos solúveis (°Brix) de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Sólidos solúveis (°Brix)[x]				
Tratamentos	0 Dias	10+3[y] dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	16,5	17,9 a	17,7 a	18,6 a	18,6 a
PVC		16,3 b	16,6 a	16,7 b	17,0 ab
PEBD 80μm		16,1 b	16,8 a	17,1 ab	16,5 b
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		16,8 ab	16,8 a	16,1 b	17,2 ab
PO		16,6 ab	16,4 a	17,1 ab	17,3 ab
PO + 8%CO_2/3%O_2		16,4 b	16,3 a	16,0 b	16,7 b
C.V.(%)		3,85	5,27	4,31	4,86
DMS		1,44	1,99	1,64	1,89

[x]Média de quatro repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/85% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

e) Acidez total e pH

Observa-se pelo Quadro 17 que a acidez total mostrou uma tendência de aumento dos seus valores, durante o período de armazenamento, para todos os tratamentos. Nota-se ainda que, aos 20+3 dias de armazenamento, os frutos pertencentes ao tratamento PO, com e sem injeção de gás, apresentaram menores níveis de acidez. Aos 30+3 dias tal comportamento foi observado para os frutos acondicionados nos filmes PEBD e PO, com injeção de mistura gasosa, os quais diferiram significativamente da testemunha. Na última data de avaliação, os frutos acondicionados em PEBD e PO, com e sem injeção de mistura gasosa, diferiram significativamente dos demais, estando os frutos menos ácidos. No entanto, apresentaram, assim como os demais, a tendência de elevação da acidez durante o

armazenamento, porém mais lenta, provavelmente pelo atraso na maturação dos frutos, relacionado aos efeitos do reduzido nível de O_2 e elevado CO_2. Os níveis de pH mantiveram-se praticamente constantes durante o período de avaliação (Quadro 18). Porém, apesar de nem sempre significativo, a testemunha apresentou os menores valores.

QUADRO 17 – Acidez total de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Acidez total (g ác. málico.100 g^{-1})^x				
Tratamentos	0 Dias	10+3^y dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	0,06	0,07 a	0,08 ab	0,13 a	0,12 a
PVC		0,08 a	0,08 ab	0,11 ab	0,12 a
PEBD 80µm		0,07 a	0,08 ab	0,10 ab	0,09 b
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		0,07 a	0,11 a	0,09 b	0,10 b
PO		0,08 a	0,06 b	0,11 ab	0,10 b
PO + 8%CO_2/3%O_2		0,07 a	0,07 b	0,09 b	0,10 b
C.V.(%)		11,77	17,15	10,90	7,27
DMS		0,02	0,03	0,03	0,02

^{x}Média de quatro repetições, com três frutos como unidade experimental
^{y}Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/85% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 18 – pH de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	pH^x				
Tratamentos	0 Dias	10+3^y dias	20+3 dias	30+3 dias	40+3 dias
Testemunha	6,38	6,30 c	6,33 b	6,46 a	6,45 a
PVC		6,40 bc	6,38 ab	6,48 a	6,51 a
PEBD 80µm		6,48 ab	6,58 a	6,52 a	6,58 a
PEBD + 8%CO_2/3%O_2		6,63 a	6,50 ab	6,62 a	6,48 a
PO		6,50 ab	6,48 ab	6,53 a	6,56 a
PO + 8%CO_2/3%O_2		6,48 ab	6,53 ab	6,52 a	6,50 a
C.V.(%)		1,17	1,45	1,26	1,15
DMS		0,17	0,21	0,19	0,17

^{x}Média de quatro repetições, com três frutos como unidade experimental
^{y}Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/85% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

f) Distúrbios fisiológicos e podridões

Não foi constatada incidência de podridões nos frutos durante o armazenamento. Quanto à ocorrência de distúrbios fisiológicos, verificou-se manchas escuras na casca dos frutos acondicionados em PVC esticável, sendo que aos 20+3 dias, em 50% e, aos 30+3 dias, em 100% dos frutos. Nesta data, 75% da testemunha, 33% dos frutos acondicionados em PEBD e 8,3% em PO, ambos sem injeção de mistura gasosa, também apresentavam manchas escuras na casca. Na última data de avaliação (40+3 dias), 83,3% da testemunha e 100% dos envolvidos em PVC encontravam-se com escurecimento, não sendo constatado este sintoma nos frutos pertencentes aos demais tratamentos.

6.3.2 Experimento II: Efeito de atmosfera modificada passiva em prolongar o período de conservação de caqui 'Fuyu'

Os resultados referentes às análises de composição gasosa, dos parâmetros físico-químicos, fitopatológicos e sensorial, dos caquis acondicionados em diferentes tipos de filmes flexíveis, estão apresentados a seguir.

a) Composição gasosa

O acondicionamento dos frutos em filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm levou à diminuição dos níveis de O_2, acompanhado por um rápido acúmulo de CO_2 (Figura 4), não havendo diferenças apreciáveis entre os níveis de equilíbrio estabelecidos entre os dois sistemas de embalagem. Em armazenamento refrigerado, os níveis médios de O_2 após o estabelecimento da atmosfera de equilíbrio foram 1,50% e 2,15% nos filmes PO 58 μm e

PEBD 50 μm, respectivamente, enquanto os valores encontrados para os níveis de CO_2 foram 4,44% e 4,19%. A transferência dos frutos para condições de ambiente causou um imediato aumento nos níveis médios de CO_2, atingindo valores de 6,14% para PO 58 μm e, 8,00% para PEBD 50 μm. Houve um pequeno aumento nos níveis médios de O_2, após a transferência dos frutos, verificado nos dois sistemas de embalagem (2,88%, PO 58 μm e 4,11%, PEBD 50 μm). O típico padrão de equilíbrio da atmosfera no interior das embalagens caracteriza-se por um rápido declínio nos níveis de O_2 e aumento em CO_2, seguido pela elevação na concentração de O_2 quando a taxa de respiração é reduzida pela atmosfera modificada (Smith et al., 1987). As diferenças entre as concentrações de gases no interior dos filmes PO e PEBD, após a transferência para condições de ambiente, estão relacionadas à taxa de permeabilidade dos filmes (Quadro 2), visto que o filme PO 58 μm é menos permeável ao O_2 e mais permeável ao CO_2 quando comparado ao PEBD 50 μm.

O filme PO 38 μm microperfurado (Figura 4) não apresentou eficiência na formação de atmosfera modificada, mantendo a concentração média de gases em 19,36 % O_2 e 0,63% de CO_2 em ambiente refrigerado e, 18,00% O_2 e 2,41% CO_2 em condições de ambiente. Estes valores estão muito próximos das condições normais de armazenamento, não sendo eficientes para a redução da taxa respiratória e, consequentemente, para redução do processo de amadurecimento, sendo constatado que o período de armazenamento, dos frutos acondicionados neste filme, não pôde ser estendido por mais de 28 dias a 1°C mais 5 dias sob condições de ambiente, estando muito próximo da testemunha.

A baixa concentração de O_2 no interior das embalagens, aliada à alta concentração de CO_2, pode ter induzido os frutos a produzir energia pela respiração parcialmente anaeróbia, envolvendo a produção de CO_2, etanol e acetaldeído, bem mais

evidente nos filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm (Figura 5). A quantidade de acetaldeído alcançou um equilíbrio em baixo nível e permaneceu praticamente constante durante todo o período de avaliação. Desde que o nível de acetaldeído no interior das embalagens permaneceu relativamente baixo, não causou dano à polpa dos frutos, como pode acontecer quando um alto nível se acumula (Pesis & Ben-Arie, 1984). Este baixo e uniforme nível de acetaldeído e o consistente aumento de etanol no interior das embalagens pode ser explicado, pelo fato que o acetaldeído é um produto intermediário na respiração anaeróbia, enquanto o etanol, é um produto final deste processo. Houve um crescente acúmulo de etanol nos dois sistemas de embalagem podendo ser resultado da barreira dos filmes ao mesmo.

Níveis mais baixos de acetaldeído e etanol acumularam-se no filme PO 38 μm microperfurado (Figura 5), devido à ineficiência na modificação da atmosfera, não levando os frutos à respiração anaeróbia.

No presente trabalho, a avaliação sensorial não acusou a presença de odor e sabor estranhos nos frutos acondicionados em quaisquer dos filmes utilizados, não indicando qualquer perda de qualidade sensorial resultante da modificação da atmosfera (Figuras 6 e 7). Durante o período em que a testemunha estava ainda comestível, a avaliação sensorial não mostrou preferência por estes frutos quando comparados aos frutos acondicionados sob atmosfera modificada, avaliados pelos parâmetros odor e sabor estranhos, textura e qualidade global, sendo demonstrado, através da avaliação pelos provadores, que os frutos acondicionados nos filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm, mantiveram-se mais firmes e com boa qualidade global, quando comparados aos outros tratamentos (Figura 7).

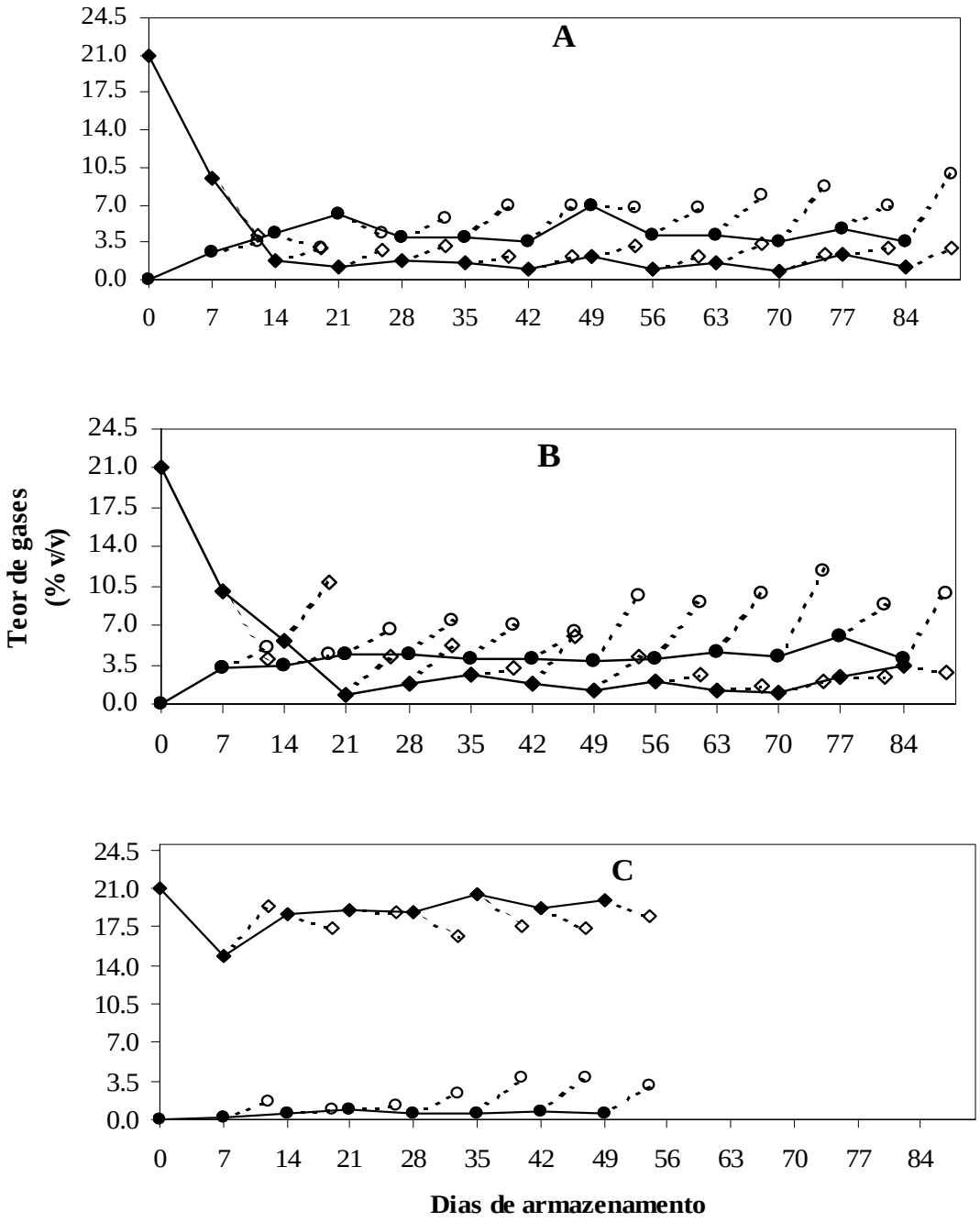


FIGURA 4 - Evolução dos teores de O_2 (—♦—) e CO_2 (—•—) no espaço-livre das embalagens PO 58 μm (A), PEBD 50 μm (B), PO 38 μm microperfurado (C), com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos 5 dias à 25°C/70% UR (----).

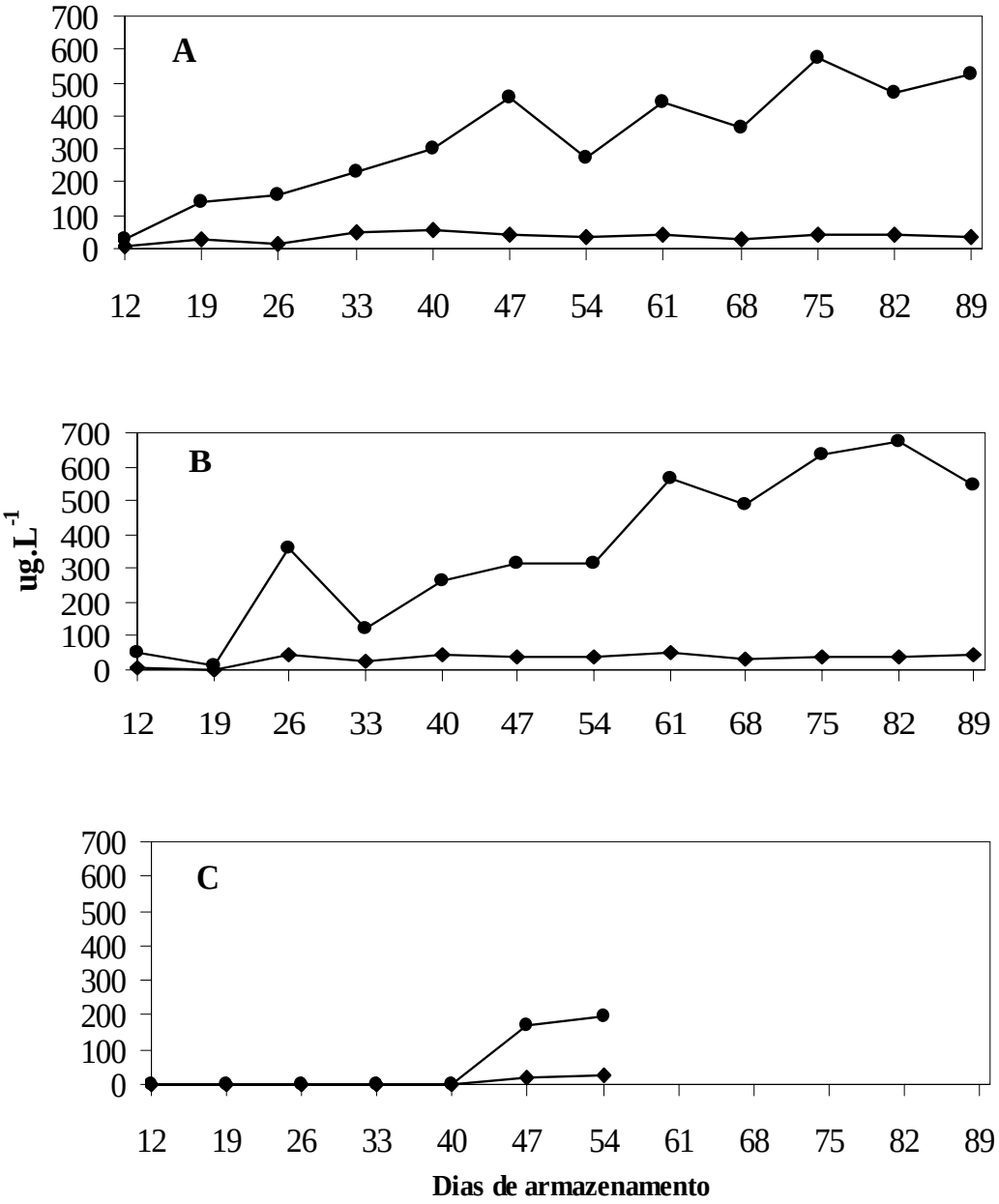


FIGURA 5 - Evolução dos teores de acetaldeído (—◆—) e etanol (—●—) no espaço-livre das embalagens PO 58 µm (A), PEBD 50 µm (B) e PO 38 µm (C), com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado, mais 5 dias à temperatura ambiente (25°C/70% UR).

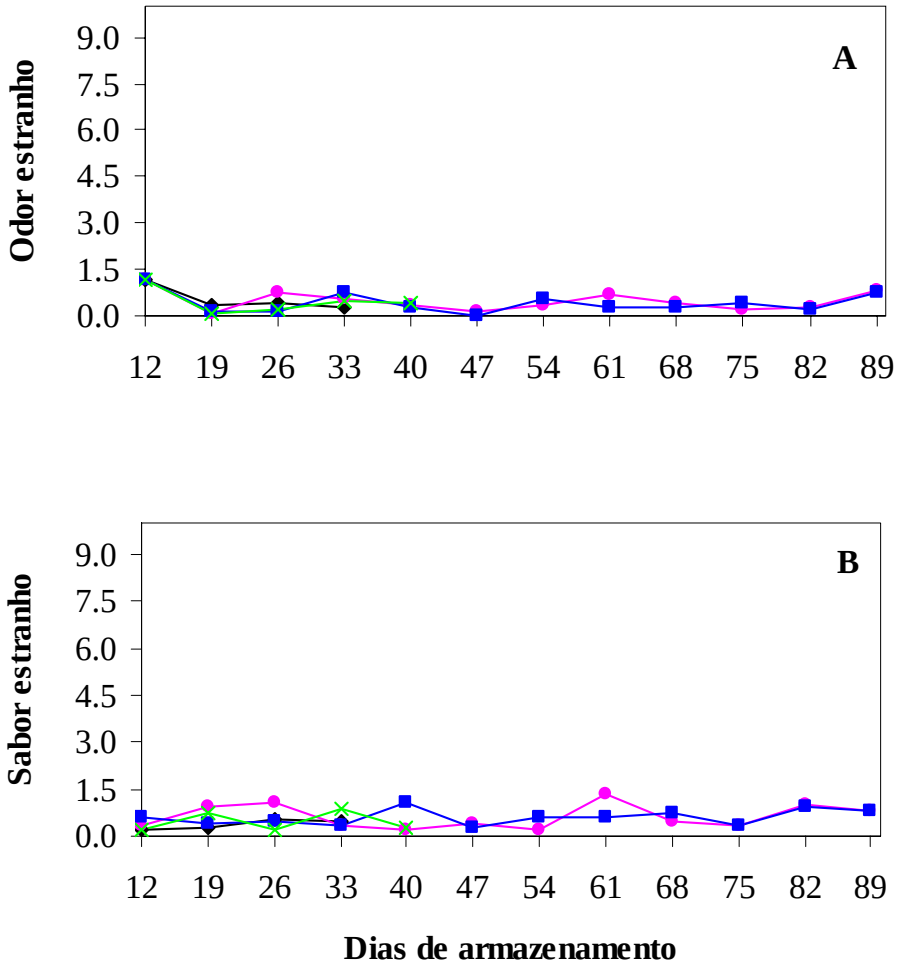


FIGURA 6 - Intensidade de odor (A) e sabor estranho (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PO 58 µm (—●—), PO 38 µm microperfurado (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas, onde 0 = isento a 10 = intenso, após armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/70% UR. Odor e sabor estranhos x filmes plásticos = n.s. (Tukey=0,05).

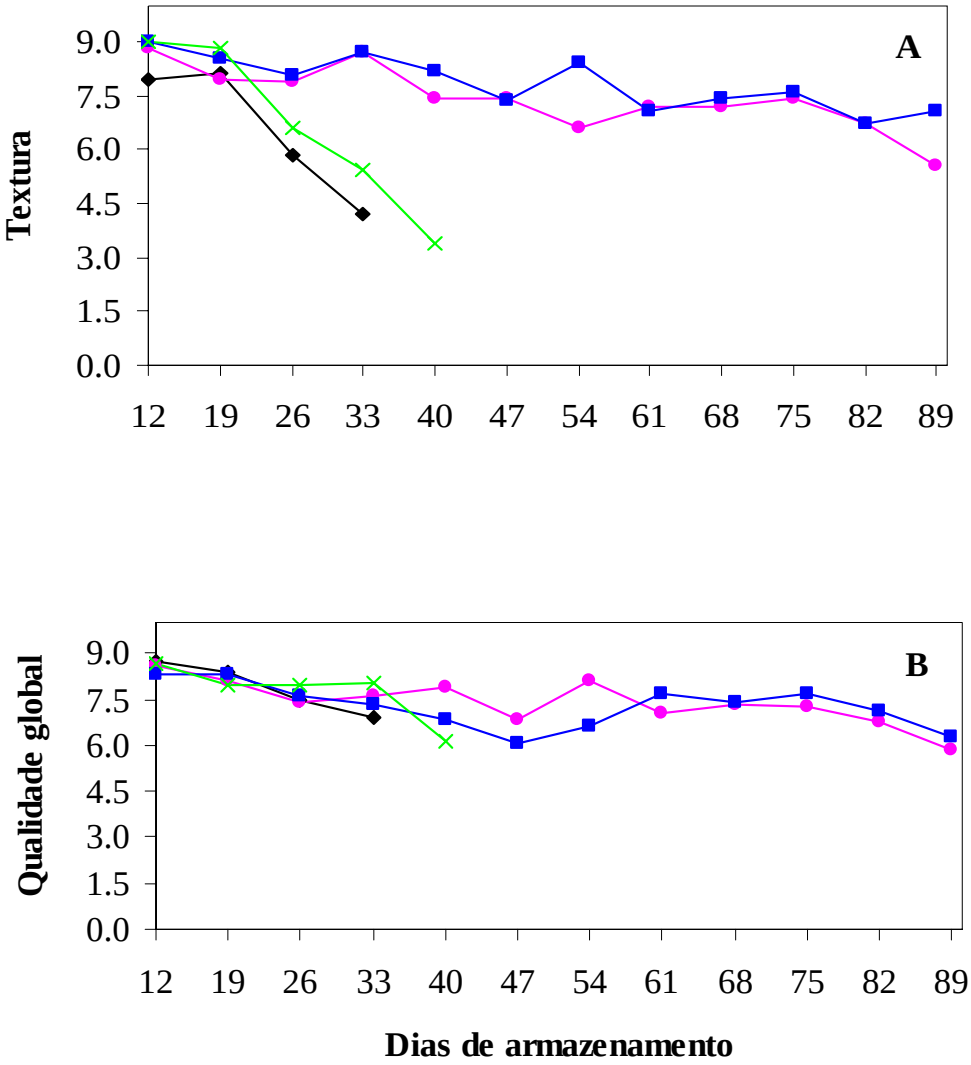


FIGURA 7 - Textura (A) e qualidade global (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PO 58 µm (—●—), PO 38 µm microperfurado (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas (0 = mole a 10 = extremamente firme e 0 = péssima a 10 = excelente, para textura e qualidade global, respectivamente), após armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/70% UR. Textura e qualidade global x filmes plásticos = n.s. (Tukey=0,05).

b) Perda de peso

Observa-se pelo Quadro 19, que os sistemas de embalagem foram eficientes em reduzir a perda de peso dos frutos durante o período de avaliação. Esta redução está diretamente relacionada à taxa de permeabilidade ao vapor d'água das embalagens (Quadro 2), que é independente da permeabilidade a gases. Quanto menor a taxa de transmissão menor será o déficit de pressão de vapor e maior a umidade relativa no interior da embalagem, reduzindo, consequentemente, a transpiração dos frutos. Isso pode explicar o fato do filme PO 38 μm microperfurado também reduzir a perda de peso dos frutos apesar de, praticamente, não modificar a atmosfera nas embalagens. Nota-se ainda, diferença significativa a partir dos 49+5 dias de armazenamento entre os filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm, sendo que o segundo exerceu maior efeito em evitar a perda de peso, por possuir menor permeabilidade ao vapor d'água.

c) Resistência da polpa à penetração

Nota-se pelo Quadro 20 que somente os filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm exerceram efeito em retardar o amolecimento dos frutos, diferindo estatisticamente da testemunha e dos frutos acondicionados em PO 38 μm microperfurado, os quais amoleceram rapidamente, podendo ser armazenados somente até 21+5 dias e 28+5 dias, respectivamente. Este atraso no amolecimento foi, provavelmente, resultado do retardo da senescência devido à inibição da taxa de respiração a baixos níveis de O_2 e altos de CO_2, exercido pelas atmosferas modificadas no interior dos filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm.

d) Cor da casca e da polpa

Houve efeito positivo da embalagem sobre a retenção da evolução da cor externa (Quadro 21). Observa-se que a testemunha e os frutos acondicionados em PO 38 μm evoluíram mais rapidamente do que os envolvidos em filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm. A avaliação objetiva mostrou que a testemunha escureceu mais rapidamente (L*), diferindo significativamente, a partir dos 21+5 dias de armazenamento, quando ainda encontravam-se em estado de comercialização, dos demais tratamentos. A partir dos 30+5 dias, o mesmo comportamento foi observado para os frutos acondicionados em PO 38 μm. Além disso, estes frutos, apresentaram maior índice de vermelho (a*) e menor de amarelo (b*), diferindo significativamente dos demais tratamentos, o que caracteriza maturação mais avançada, ou seja, cor laranja escuro/vermelho em contraste a amarelo/laranja indicativo de fruto menos maduro.

Comportamento semelhante foi observado quanto à cor de polpa (Quadro 22). Entretanto, a maior perda de luminosidade dos frutos testemunha e acondicionados em PO 38 μm só tornou-se evidente aos 28+5 e 35+5 dias de armazenamento, respectivamente, quando os frutos já se encontravam em estádio sobremaduro (não comercializável). Por outro lado, estes frutos, a partir dos 7+5 dias já apresentavam maior índice de vermelho (a*) quando comparados aos demais tratamentos, mantendo a cor associada com um estádio mais avançado de maturação. Houve diferença significativa entre os tratamentos quanto ao índice de amarelo (b*) somente quando a testemunha e os frutos acondicionados em PO 38 μm apresentavam-se sobremaduros.

e) Sólidos solúveis

Os teores de sólidos solúveis tenderam a se elevar durante o período de armazenamento (Quadro 23) em todos tratamentos, sendo que, aos 21+5 dias, os frutos testemunha e acondicionados em PO 38 μm microperfurado apresentavam valores significativamente mais elevados em relação aos demais tratamentos. A partir dos 49+5 dias nenhuma diferença pôde ser observada entre os tratamentos PO 58 μm e PEBD 50 μm, que foram eficientes em retardar o amadurecimento dos frutos, havendo pouca variação nos teores de sólidos solúveis até o final do período de avaliação.

f) Acidez total e pH

Observa-se pelo Quadro 24 que a acidez total dos caquis acondicionados em filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm mantiveram-se, a partir dos 21+5 dias, sempre mais baixa, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Nota-se ainda que o caqui possui a característica de elevação nos níveis de acidez, durante o amadurecimento do fruto. A retenção nos níveis de acidez proporcionada pelos filmes PO 58 μm e PEBD 50 μm pode estar relacionada aos efeitos do reduzido nível de O_2 e elevado CO_2, dentro de condições aeróbias, no ciclo do ácido tricarboxílico, que podem ter contribuído na diminuição do metabolismo dos frutos. Os valores de pH mantiveram-se praticamente constante durante o período de avaliação (Quadro 25), não constatando-se diferenças significativas entre os tratamentos.

g) Distúrbios fisiológicos e podridões

Não foi constatada incidência de podridões nos frutos durante o armazenamento. Quanto à ocorrência e severidade de distúrbios fisiológicos, verificou-se que o uso de atmosfera modificada inibiu parcialmente o escurecimento de epiderme nos frutos. Nos frutos acondicionados em PO 58 μm e PEBD 50 μm este escurecimento manifestou-se somente aos 77+5 dias e 84+5 dias, respectivamente, ocorrendo em 13,33% dos frutos pertencentes aos respectivos tratamentos com igual severidade (7,41%). Por outro lado, para a testemunha, o escurecimento foi evidente a partir dos 14+5 dias, com ocorrência de 13,33% e severidade de 7,41%. Esses valores mantiveram-se constantes até os 28+5 dias, sendo que aos 35+5 dias, 100% da testemunha e dos frutos acondicionados em filme PO 38 μm apresentavam escurecimento, sendo que nesta data estes frutos encontravam-se em estádio sobremaduro.

QUADRO 19 – Perda de peso de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Perda de peso (%)[x]												
Tratamentos	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	0	4,07 a	4,92 a	5,99 a	6,55 a	5,82 a	6,34 a	-	-	-	-	-	-
PD (58 μm)		0,80 b	0,85 b	1,03 b	1,02 b	0,91 b	1,08 b	1,14 a	1,29 a	1,13 a	1,26 a	1,33 a	1,48 a
PEBD (50μm)		0,65 b	0,58 c	0,80 b	0,72 b	0,84 b	0,81 b	0,95 b	0,90 a	0,88 b	1,01 b	0,94 b	1,03 b
PD (38 μm)		0,77 b	0,88 b	0,91 b	0,97 b	0,90 b	1,12 b	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		7,84	7,23	15,97	13,44	7,39	7,32	8,79	26,44	4,65	5,21	9,79	6,99
DMS		0,22	0,24	0,63	0,56	0,28	0,31	0,13	0,42	0,07	0,09	0,16	0,13

[x]Média de 5 repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/70% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 20 – Resistência de polpa à penetração de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Resistência de polpa à penetração (N)[x]												
Tratamento	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	67,5	45,3 b	38,2 a	25,2 b	8,7 c	-	-	-	-	-	-	-	-
PD (58 μm)		66,2 a	50,4 a	49,2 a	49,2 a	36,1 a	32,0 a	31,4 a	31,2 a	30,8 a	30,5 a	28,3 a	27,4 a
PEBD (50μm)		63,3 a	46,8 a	46,7 a	47,1 a	38,2 a	33,3 a	33,0 a	32,2 a	29,4 a	29,8 a	29,7 a	25,9 a
PD (38 μm)		67,6 a	43,7 a	27,1 b	19,1 b	3,3 b	-	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		10,03	17,15	17,81	12,75	17,44	16,89	11,66	8,00	19,51	6,03	7,20	16,48
DMS		11,01	13,90	11,94	7,16	7,61	8,04	5,47	3,70	8,57	2,65	3,04	6,40

[x]Média de 5 repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/70% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 21– Cor de casca de caqui ‘Fuyu’ armazenado sob atmosfera modificada.

Índice L[x,w]													
Tratamentos	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	61,2	60,4 a	59,5 a	57,2 b	51,3 b	41,8 c	41,7 b	-	-	-	-	-	-
PD (58 µm)		60,5 a	60,9 a	61,0 a	61,2 a	60,3 a	59,1 a	59,3 a	58,8 b	60,0 a	59,9 a	59,5 a	58,1 a
PEBD (50µm)		60,7 a	60,4 a	61,7 a	59,8 a	61,2 a	58,0 a	60,6 a	60,8 a	59,1 a	59,8 a	58,6 a	57,8 a
PD (38 µm)		60,1 a	60,0 a	60,0 a	58,4 a	48,4 b	42,2 b	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		0,79	1,39	2,22	3,56	6,85	5,06	2,11	1,60	2,57	2,15	2,98	5,90
DMS		0,87	1,51	2,41	3,72	6,57	4,60	1,84	1,40	2,24	1,88	2,57	4,99
Índice a[x,w]													
	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	5,7	18,0 a	21,5 a	22,0 a	19,8 ab	11,3 a	10,4 b	-	-	-	-	-	-
PD (58 µm)		13,7 a	13,6 b	12,9 b	13,3 c	16,7 a	13,7 ab	15,2 a	13,7 a	17,2 a	15,6 a	17,7 a	15,9 a
PEBD (50µm)		14,0 a	18,7 a	13,5 b	16,5 bc	13,4 a	16,6 a	12,7 a	15,4 a	14,9 b	15,7 a	16,5 a	15,7 a
PD (38 µm)		15,4 a	17,5 ab	20,7 a	22,6 a	16,7 a	10,2 b	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		19,70	13,99	19,24	17,2	25,01	17,88	20,64	13,41	2,57	13,41	9,55	2,23
DMS		5,45	4,52	6,02	5,64	6,57	4,12	4,20	2,84	2,24	3,05	2,38	5,14
Índice b[x,w]													
	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	58,3	54,7 b	54,2 a	51,1 b	40,8 b	24,4 c	24,8 b	-	-	-	-	-	-
PD (58 µm)		55,4 ab	56,1 a	57,8 a	56,2 a	54,6 a	54,3 a	54,2 a	53,1 b	55,0 a	55,0 a	55,1 a	52,1 a
PEBD (50µm)		57,1 a	56,1 a	57,3 a	54,8 a	56,5 a	50,9 a	56,0 a	55,9 a	53,0 a	53,9 a	52,7 a	51,4 a
PD (38 µm)		54,6 b	54,7 a	55,2 b	52,1 a	35,7 b	25,5 b	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		2,13	2,33	4,10	7,20	14,36	11,62	3,39	3,58	5,30	2,60	3,77	10,02
DMS		2,14	2,33	4,11	6,65	11,13	8,18	2,73	2,85	4,17	2,22	2,96	7,55

[x] Média de 5 repetições, com três frutos como unidade experimental

[y] Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/70% UR

[w] Em colorímetro Minolta, sistema L* a* b*, onde L* representa luminosidade (0=preto a 100=branco), a* e b* cromaticidade (a^-=verde a a^+=vermelho e, b^-=azul a b^+=amarelo)

Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 22 – Cor de polpa de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

Índice L[x,w]													
Tratamentos	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	67,2	65,5 a	66,9 a	64,1 a	60,0 b	33,0 c	31,7 c	-	-	-	-	-	-
PD (58 µm)		68,4 a	68,7 a	66,6 a	69,0 a	65,2 a	62,4 a	64,9 a	66,3 a	64,4 a	62,2 a	63,0 a	63,8 a
PEBD (50µm)		69,4 a	68,2 a	65,7 a	65,3 a	68,7 a	62,0 a	69,0 a	66,0 a	64,6 a	63,9 a	63,6 a	62,0 a
PD (38 µm)		65,5 a	67,1 a	65,0 a	67,4 a	46,7 b	36,5 c	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		3,60	3,00	4,71	7,52	13,52	5,29	4,52	5,16	4,01	3,04	4,52	6,96
DMS		4,39	3,68	5,58	8,61	13,08	4,62	4,41	4,98	3,77	2,80	4,17	6,38
Índice a[x,w]													
	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	3,7	10,2 a	10,0 a	9,9 a	8,4 a	5,8 a	4,5 b	-	-	-	-	-	-
PD (58 µm)		7,8 b	7,5 b	6,9 bc	7,6 a	8,5 a	6,0 ab	7,1 a	7,3 a	6,6 a	6,0 a	7,1 a	6,2 a
PEBD (50µm)		7,7 b	9,2 ab	6,2 c	8,4 a	6,2 a	7,4 a	5,5 a	5,9 a	6,2 a	5,7 a	6,5 a	5,3 a
PD (38 µm)		9,0 ab	9,8 b	8,3 ab	8,4 a	8,4 a	6,3 a	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		13,88	10,75	13,75	19,29	23,78	16,14	15,61	15,61	11,90	16,57	17,70	20,62
DMS		2,18	1,77	1,94	2,87	3,11	1,78	1,43	1,50	1,11	1,41	1,76	1,73
Índice b[x,w]													
	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	54,3	42,9 a	43,0 a	41,3 a	34,5 a	20,7 b	18,6 c	-	-	-	-	-	-
PD (58 µm)		42,1 a	41,9 a	40,5 a	40,2 a	41,0 a	36,6 a	39,3 a	39,4 a	36,9 a	35,8 a	37,7 a	35,3 a
PEBD (50µm)		41,2 a	40,7 a	38,6 a	40,0 a	38,4 a	39,9 a	37,9 a	36,5 a	37,4 a	34,9 a	35,9 a	34,5 a
PD (38 µm)		42,7 a	42,3 a	40,6 a	41,7 a	31,7 ab	24,6 b	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		5,19	4,12	5,39	10,73	18,57	8,54	4,66	7,31	4,10	6,96	4,43	5,54
DMS		3,96	3,12	3,93	7,60	11,07	4,63	2,62	4,05	2,22	3,59	2,38	2,82

[x] Média de 5 repetições, com três frutos como unidade experimental

[y] Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/70% UR

[w] Em colorímetro Minolta, sistema L*, a*, b*, onde L* representa luminosidade (0=preto a 100=branco), a* e b* cromaticidade (a^-=verde a a^+=vermelho e, b^-=azul a b^+=amarelo)

Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 23– Sólidos solúveis (°Brix) de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Sólidos solúveis (°Brix)[x]												
Tratamento	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	14,3	15,6 a	15,2 a	15,9 a	16,2 a	16,7 a	16,3 a	-	-	-	-	-	-
PD (58 μm)		14,9 ab	15,0 a	14,8 b	14,7 b	15,5 ab	15,1 b	15,7 a	15,3 a	15,7 a	15,6 a	15,1 a	15,3 a
PEBD (50μm)		14,6 b	15,3 a	14,5 b	15,5 ab	14,7 b	15,7 ab	15,5 a	15,3 a	15,4 a	15,4 a	15,3 a	15,2 a
PD (38 μm)		15,0 ab	15,4 a	15,4 ab	15,6 ab	16,0 ab	15,6 ab	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		3,47	4,50	3,33	3,79	5,83	3,16	3,19	1,76	2,29	2,42	4,06	2,07
DMS		0,95	1,24	0,91	1,06	1,66	0,90	0,72	0,39	0,52	0,55	0,90	0,46

[x]Média de 5 repetições, com três frutos como unidade experimental

[y]Dias de armazenamento a 1°C/95% UR mais dias de armazenamento a 25°C/70% UR

Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 24 – Acidez total de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Acidez total (g ác. málico.100 g^{-1})[x]												
Tratamentos	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	0,06	0,06 a	0,06 a	0,08 ab	0,13 a	0,15 a	0,15 a	-	-	-	-	-	-
PD (58 μm)		0,06 a	0,06 a	0,07 c	0,08 b	0,11 b	0,10 b	0,09 a	0,08 a	0,06 a	0,07 a	0,08 a	0,08 a
PEBD (50μm)		0,06 a	0,07 a	0,07 bc	0,08 b	0,08 c	0,10 b	0,07 b	0,07 b	0,06 a	0,06 a	0,09 a	0,10 a
PD (38 μm)		0,06 a	0,07 a	0,10 a	0,11 a	0,15 a	0,14 a	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		8,83	13,65	9,27	13,07	7,70	11,47	4,72	6,93	7,94	13,76	11,43	19,91
DMS		0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03

[x]Média de 5 repetições, com três frutos como unidade experimental

[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/70% UR

Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 25 – pH de caqui ‘Fuyu’ armazenado sob atmosfera modificada.

	pH[x]												
Tratamentos	0	7+5[y]	14+5	21+5	28+5	35+5	42+5	49+5	56+5	63+5	70+5	77+5	84+5
Testemunha	5,93	6,12 a	6,21 a	6,22 a	6,18 a	6,31 a	6,30 a	-	-	-	-	-	-
PD (58 μm)		6,08 a	6,24 a	6,31 a	6,30 a	6,40 a	6,41 a	6,36 a	6,54 a	6,51 a	6,57 a	6,47 a	6,42 a
PEBD (50μm)		6,07 a	6,20 a	6,31 a	6,34 a	6,33 a	6,44 a	6,49 a	6,53 a	6,54 a	6,52 a	6,55 a	6,36 a
PD (38 μm)		6,09 a	6,15 a	6,25 a	6,21 a	6,37 a	6,32 a	-	-	-	-	-	-
C.V. (%)		0,68	1,91	1,57	1,59	1,79	1,20	2,71	0,58	1,23	1,51	1,38	2,83
DMS		0,08	0,21	0,18	0,18	0,21	0,14	0,25	0,06	0,12	0,14	0,13	0,26

[x]Média de 5 repetições, com três frutos como unidade experimental

[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/70% UR

Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

6.3.3 Experimento III: Efeito de atmosfera modificada ativa e passiva no controle de *Rhizopus stolonifer* e na qualidade de caqui 'Fuyu'

De acordo com o descrito na metodologia, são apresentados os resultados dos testes realizados com atmosfera modificada ativa e passiva em frutos não inoculados e inoculados.

6.3.3.1 Frutos não inoculados

Os resultados referentes às análises de composição gasosa, dos parâmetros físico-químicos, fitopatológicos e sensorial, estão apresentados a seguir.

a) Composição gasosa

Verifica-se pela Figura 8 que os fatores que mais afetaram a composição gasosa da atmosfera no interior das embalagens foram a taxa de permeabilidade ao O_2 e CO_2 dos filmes e a temperatura de armazenamento. Não houve diferenças apreciáveis entre as atmosferas de equilíbrio estabelecidas nos filmes selados com ou sem injeção de mistura gasosa (Apêndice 7), no entanto, nas embalagens em que houve a injeção de gás, o equilíbrio estabeleceu-se mais rapidamente. Sob armazenamento refrigerado os níveis médios de O_2 no equilíbrio foram: 4,34%; 5,97%; 6,13%, referente aos tratamentos PEBD 50 μm, PEBD 50 μm (3%O_2 + 8%CO_2), PEBD 50 μm (3%O_2 + 10%CO_2), respectivamente. Estes níveis de equilíbrio mudaram para 3,26%; 3,62%; 3,64%, após a transferência para condições de ambiente. Paralelamente, os valores médios encontrados para os níveis de CO_2 foram

3,78%; 3,46%; 3,41%, em armazenamento refrigerado e 6,82%; 6,23%; 6,97%, sob condições de ambiente, respectivamente aos tratamentos. As mudanças nos níveis de equilíbrio após a transferência dos frutos para temperatura ambiente, foram expressas por um significativo aumento da concentração de CO_2, acompanhado pelo declínio da concentração de O_2, devido às características do filme quanto a permeabilidade aos gases.

Estas flutuações nas concentrações dos gases após a transferência dos frutos para condições de ambiente, podem ser explicadas pelo fato que a 1°C todos os processos metabólicos, incluindo a respiração anaeróbia, são reduzidos. Com o aumento da temperatura (25°C) estes processos são aumentados, promovendo o aumento nas concentrações de CO_2, acetaldeído e etanol no interior das embalagens.

A baixa concentração de O_2 no interior das embalagens, aliada à alta concentração de CO_2, pode ter induzido os frutos a produzir energia pela respiração parcialmente anaeróbia, envolvendo a produção de CO_2, etanol e acetaldeído (Figura 9). A quantidade de acetaldeído alcançou um equilíbrio em baixo nível e permaneceu praticamente constante durante todo o período de avaliação. Houve um crescente acúmulo dos níveis de etanol nos sistemas de embalagem durante o armazenamento que pode ser resultado da barreira do filme ao mesmo. Este comportamento foi semelhante para todos os sistemas de embalagem. Desde que o nível de acetaldeído no interior das embalagens permaneceu relativamente baixo, não causou dano à polpa dos frutos, como pode acontecer quando um alto nível se acumula (Pesis & Ben-Arie, 1984).

No presente trabalho, a avaliação sensorial não acusou a presença de odor e sabor estranhos nos frutos acondicionados em quaisquer dos sistemas de embalagem, não indicando qualquer perda de qualidade sensorial resultante da modificação da atmosfera

(Figuras 10 e 11). Durante o período em que a testemunha estava ainda comestível, a avaliação sensorial não mostrou preferência por estes frutos quando comparados aos frutos acondicionados sob atmosfera modificada, avaliados pelos parâmetros odor e sabor estranhos, textura e qualidade global, sendo demonstrado, através da avaliação pelos provadores, que os frutos acondicionados sob atmosfera modificada, mantiveram-se mais firmes e com boa qualidade global, quando comparados à testemunha.

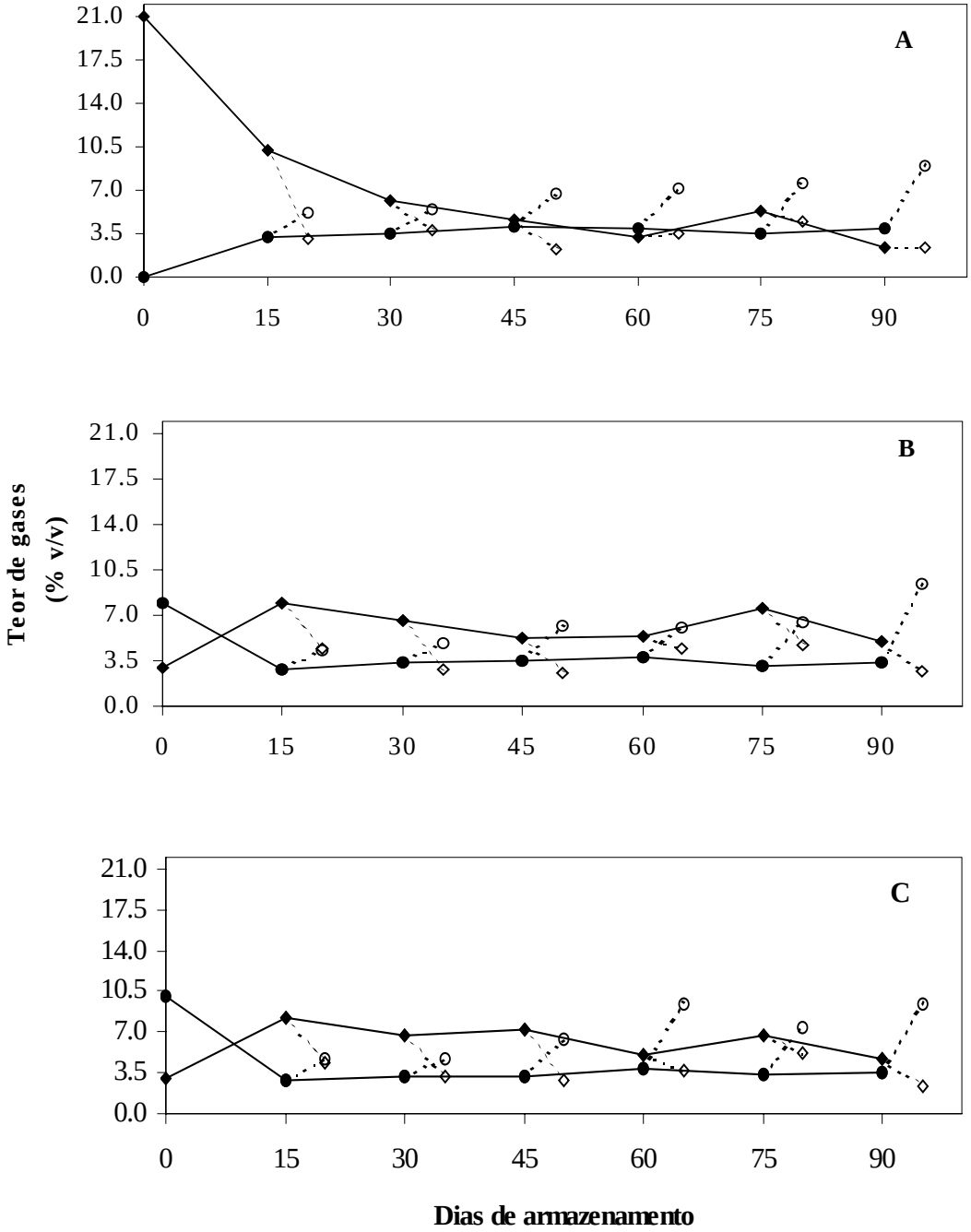


FIGURA 8 - Evolução dos teores de O_2 (—◆—) e CO_2 (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 μm (A), PEBD 50 μm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD 50 μm (3% O_2/10% CO_2) (C), com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos por 5 dias à 25°C/80% UR (---).

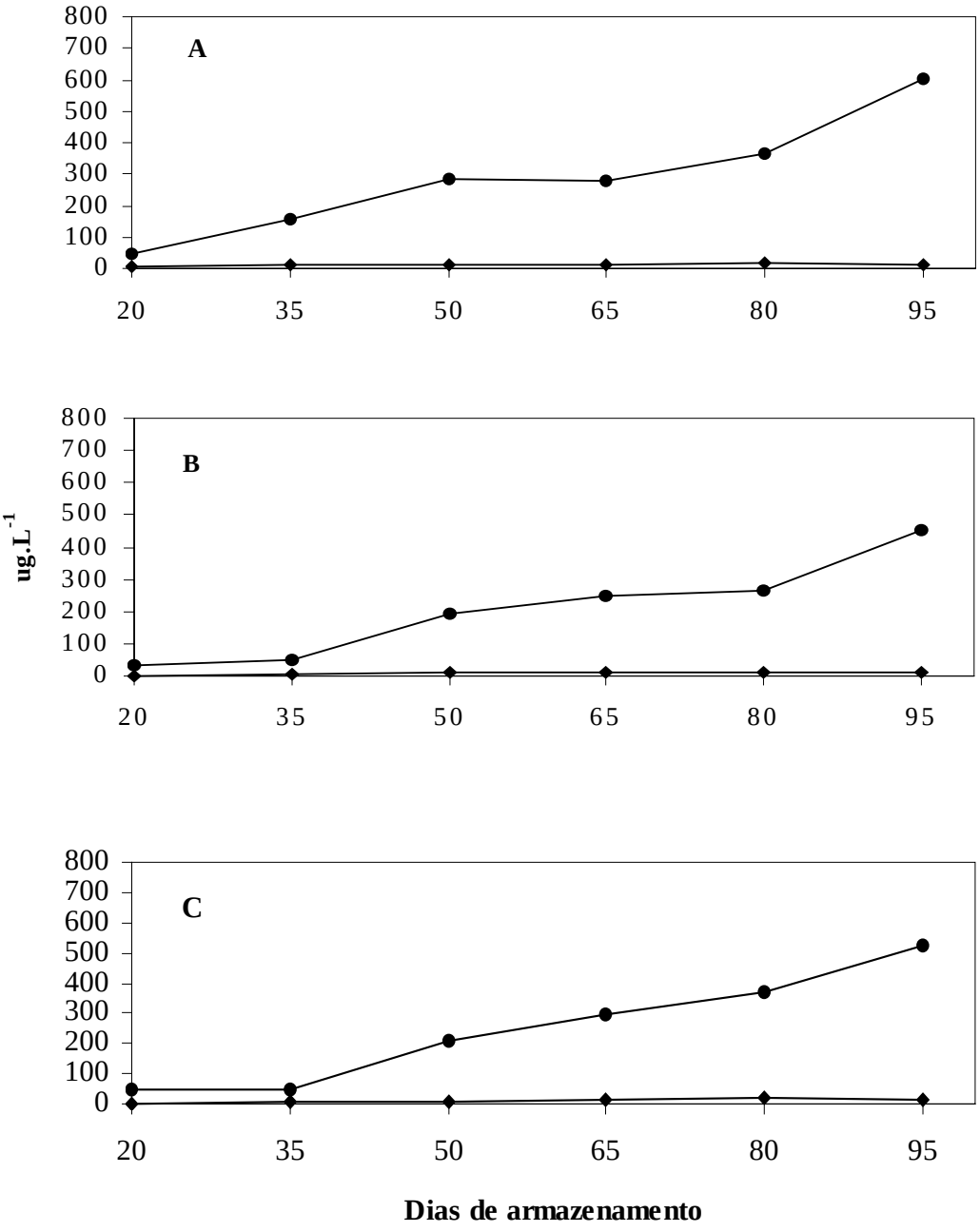


FIGURA 9 - Evolução dos teores de acetaldeído (—◆—) e etanol (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 µm (A), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (C),, com caqui 'Fuyu', durante vários períodos de armazenamento refrigerado, mais 5 dias a temperatura ambiente (25°C/80% UR).

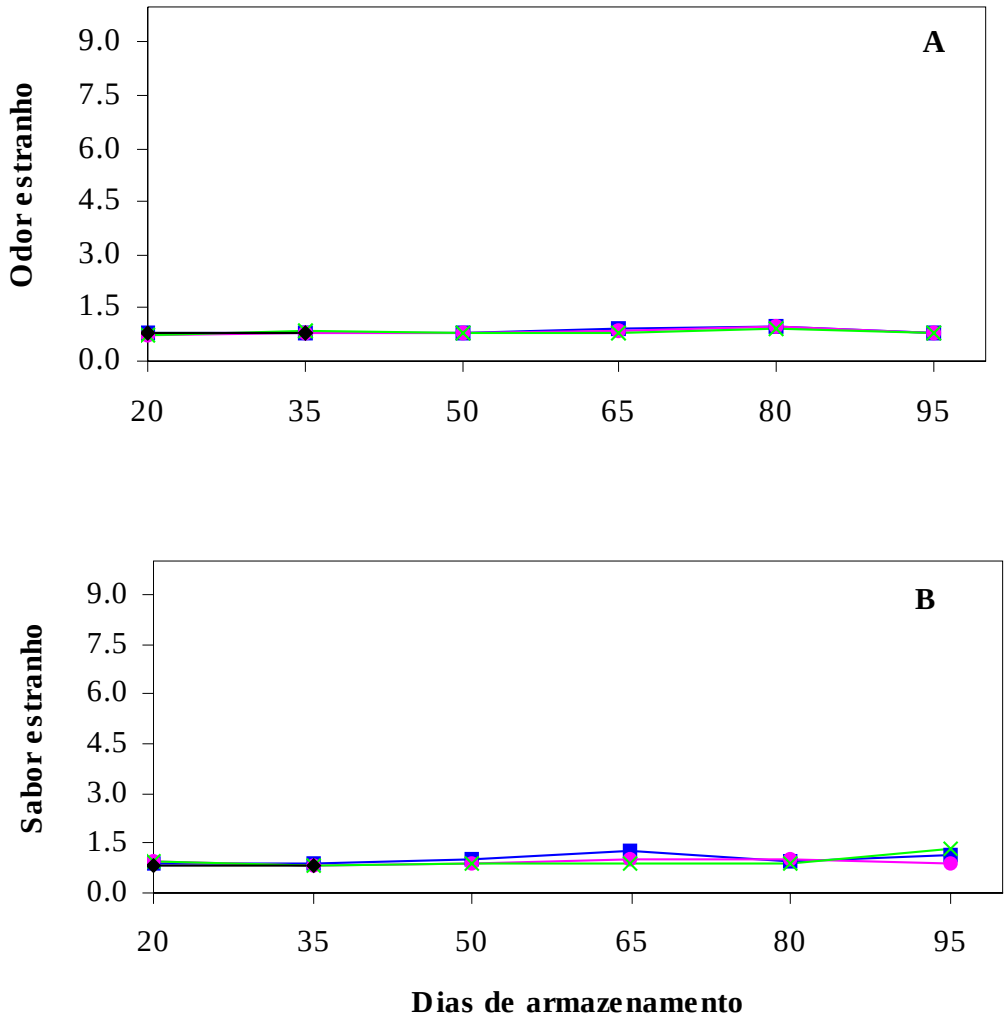


FIGURA 10 - Intensidade de odor (A) e sabor estranho (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—●—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas, onde 0 = isento a 10 = intenso, após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. Odor e sabor estranho x sistemas de embalagem = n.s. (Tukey=0,05).

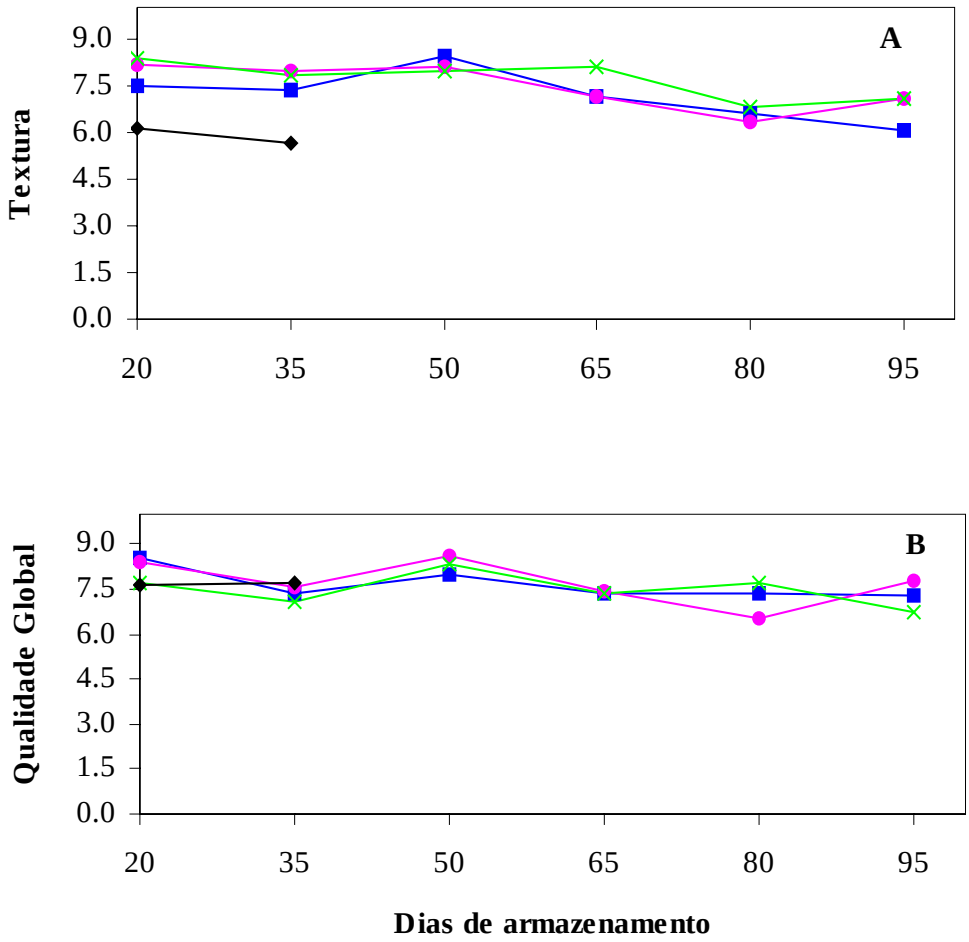


FIGURA 11 - Textura (A) e qualidade global (B) em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—◆—), PEBD 50 µm (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—●—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—×—), avaliado sensorialmente através de escala não estruturada de notas (0 = mole a 10 = extremamente firme e 0 = péssima a 10 = excelente, para textura e qualidade global, respectivamente), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. Textura e qualidade global x sistemas de embalagem = n.s. (Tukey=0,05).

b) Perda de peso

A perda de peso foi crescente no decorrer do período de armazenamento dos frutos (Quadro 26). Os sistemas de embalagem foram eficientes em evitar a perda de peso dos frutos durante o armazenamento, diferindo significativamente da testemunha a partir dos 15 dias de armazenamento. Isto se deve a barreira que o filme promove à troca de umidade com o ambiente que, consequentemente, diminui a taxa de transpiração dos frutos. De maneira geral, não houve diferenças apreciáveis entre os filmes em que houve injeção de mistura gasosa para com aqueles selados sem injeção de gases. No entanto, nota-se uma tendência dos frutos acondicionados em PEBD 50 μm perderem menos peso, a partir dos 75+5 dias, quando comparados aos frutos acondicionados em PEBD 50 μm (3% O_2/8% CO_2) e PEBD 50 μm (3% O_2/10% CO_2).

c) Resistência da polpa à penetração

Pode-se notar pelo Quadro 27, que todos os frutos, independentemente do tratamento a que foram submetidos, apresentaram perda gradativa de resistência da polpa à penetração, durante o armazenamento sob refrigeração, não havendo diferença significativa entre os mesmos. No entanto, após a transferência dos frutos para condições de ambiente, nota-se diferença significativa entre a testemunha e os demais tratamentos a partir dos 15+5 dias, a qual mostrou-se menos resistentes à penetração que os demais. Estes frutos, aos 45+5 dias, encontravam-se excessivamente amolecidos, não mais comercializáveis.

d) Cor de casca e Cor de polpa

Houve efeito positivo da embalagem em retardar a evolução da cor externa (Quadro 28). Observa-se que a testemunha evoluiu mais rapidamente do que os frutos envolvidos em filme PEBD 50 μm, com ou sem injeção de mistura gasosa. A avaliação objetiva mostrou que a testemunha escureceu mais rapidamente (diminuição em L*), diferindo significativamente, a partir dos 15+5 dias de armazenamento, dos demais tratamentos. Além disso, estes frutos, apresentaram maior índice de vermelho (a*) e menor de amarelo (b*), após a transferência para condições de ambiente, diferindo significativamente dos demais tratamentos, o que caracteriza maturação mais avançada.

Comportamento semelhante foi registrado quanto à cor de polpa (Quadro 29). Nota-se que a testemunha perdeu luminosidade mais rapidamente que os demais tratamentos, apesar de nem sempre diferir estatisticamente dos mesmos. Além disso, estes frutos apresentaram maior índice de vermelho (a*), após a transferência para condições de ambiente. Poucas variações foram observadas durante o armazenamento quanto ao índice de amarelo (b*).

e) Sólidos solúveis

Pelo Quadro 30, verifica-se que os teores de sólidos solúveis nos caquis ‘Fuyu’ tenderam a se elevar durante o período de armazenamento, principalmente após a transferência dos frutos para condições de ambiente. Não houve diferença significativa entre os tratamentos durante todo o período de avaliação.

f) Acidez total e pH

Observa-se pelo Quadro 31 que a acidez total dos caquis acondicionados em PEBD 50 µm, com ou sem injeção de mistura gasosa, mantiveram-se sempre mais baixa que a testemunha. Nota-se ainda que o caqui possui a característica de elevação nos níveis de acidez, principalmente após a transferência dos frutos para condições de ambiente. Os maiores níveis de acidez da testemunha foram acompanhados pela redução dos valores de pH, apesar de nem sempre diferir estatisticamente dos demais tratamentos (Quadro 32).

g) Distúrbios fisiológicos e podridões

Não foi constatada incidência de podridões nos frutos durante o armazenamento. Quanto à ocorrência e severidade de distúrbios fisiológicos, verifica-se que o uso de atmosfera modificada inibiu parcialmente o escurecimento da casca dos frutos (Figuras 12A e 12B). Nota-se que os frutos acondicionados em PEBD 50 µm, com ou sem injeção de mistura gasosa, apresentaram escurecimento somente aos 75 dias de armazenamento. Por outro lado, para a testemunha, o escurecimento foi evidente a partir dos 45+5 dias de armazenamento, com ocorrência de 33,33% e severidade de 11,11%, sendo que, aos 75 dias de armazenamento, 100% dos frutos apresentavam escurecimento, com severidade de 37,0%.

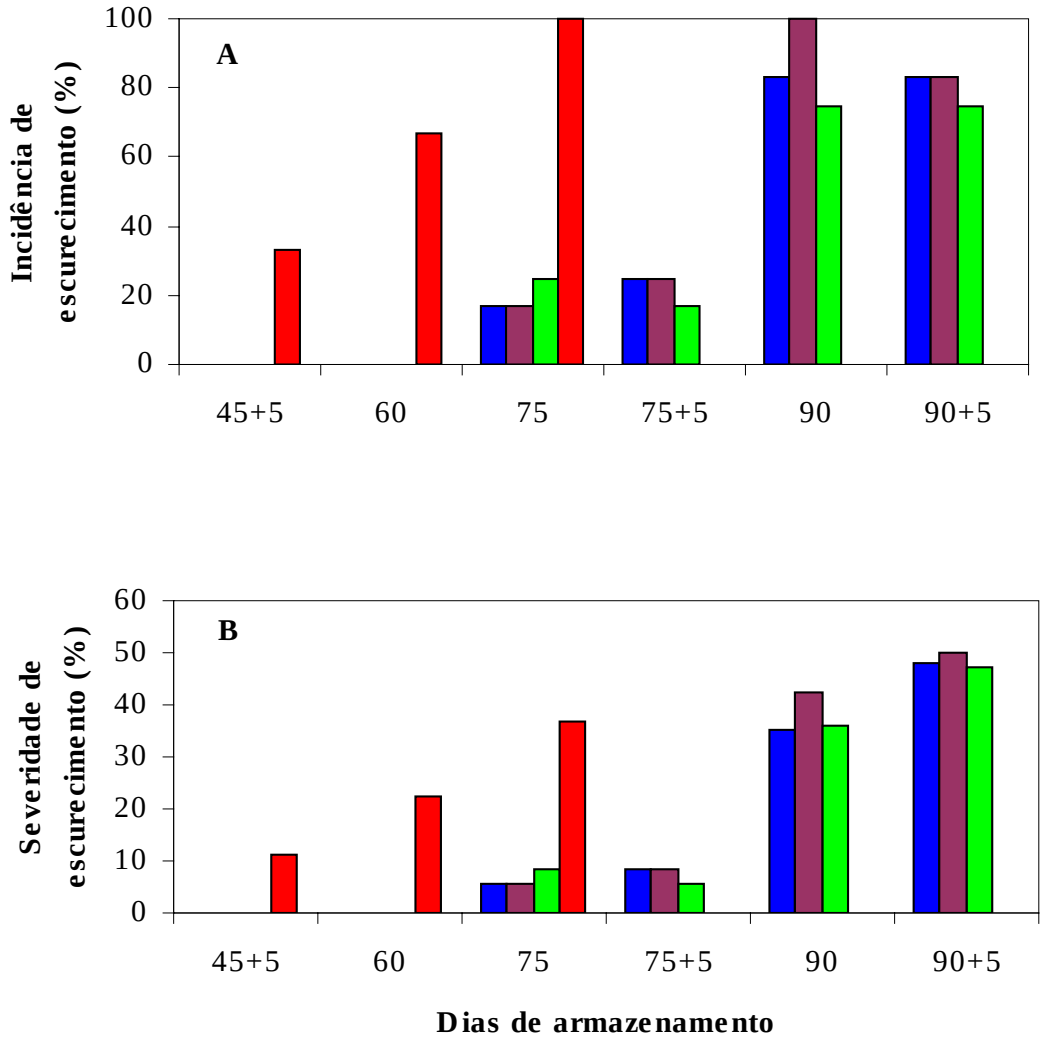


FIGURA 12 - Incidência (%) (A) e severidade (%) (B) de escurecimento de casca em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagem: testemunha (■), PEBD 50 µm (■), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (■), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (■), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR.

QUADRO 26 – Perda de peso de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Perda de peso (%)[x]												
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	0	1,58 a	4,26 a	2,68 a	5,87 a	3,55 a	7,06 a	3,96 a	-	3,80 a	-	-	-
PEBD (50 μm)		0,78 b	0,95 b	0,80 b	1,08 b	0,84 b	1,01 b	0,77 b	1,12 a	0,87 b	1,11 b	0,95 b	1,16 b
PEBD (50μm) +3% O_2/8% CO_2		0,77 b	0,79 b	0,85 b	0,91 b	0,83 b	1,04 b	0,82 b	1,14 a	1,15 b	1,28 a	1,30 a	1,31 a
PEBD (50 μm) +3% O_2/10% CO_2		0,77 b	1,04 b	0,84 b	0,93 b	0,89 b	0,96 b	0,79 b	1,09 a	0,96 b	1,30 a	1,03 b	1,29 ab
C.V. (%)		11,09	12,41	24,09	18,86	14,13	9,03	14,82	18,79	16,14	6,88	8,93	5,95
DMS		0,23	0,46	0,65	0,87	0,45	0,48	0,49	0,41	0,57	0,17	0,19	0,15

[x]Média de 4 repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR
[z]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento após transferência dos frutos para 25°C/80% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 27 – Resistência de polpa à penetração de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Resistência de polpa à penetração (N)[x]												
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	45,6	37,3 a	25,5 b	38,3 a	22,4 b	37,6 a	0,6 b	33,7 a	-	37,5 a	-	-	-
PEBD (50 μm)		37,3 a	34,3 ab	41,9 a	35,3 a	35,5 a	30,4 a	34,4 a	25,0 a	33,5 a	23,7 a	27,3 a	22,2 a
PEBD (50μm) + 3% O_2/8% CO_2		40,9 a	39,0 a	41,3 a	38,9 a	35,8 a	34,1 a	38,6 a	23,0 a	33,2 a	21,5 a	33,6 a	23,9 a
PEBD (50 μm) + 3% O_2/10% CO_2		39,5 a	36,1 a	41,2 a	38,4 a	42,3 a	33,3 a	37,2 a	27,5 a	30,5 a	23,1 a	32,7 a	25,3 a
C.V. (%)		6,19	14,36	12,21	16,74	14,94	15,16	16,29	20,68	22,12	27,68	20,75	19,69
DMS		5,04	10,18	10,43	11,87	11,86	7,83	12,30	10,28	15,64	12,45	12,79	9,25

[x]Média de 4 repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR
[z]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento após transferência dos frutos para 25°C/80% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 28 – Cor de casca de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

Índice L[x,w]													
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	59,6	59,4 a	58,2 b	59,2 b	57,1 b	58,4 b	44,0 b	53,7 b	-	55,8 b	-	-	-
PEBD (50 µm)		59,6 a	60,2 a	59,4 b	60,9 a	62,8 a	61,4 a	57,6 a	57,4 a	60,8 a	57,0 a	57,8 a	55,7 a
PEBD (50µm) + 3% O_2/8% CO_2		58,3 b	60,3 a	60,2 ab	60,2 a	62,1 a	59,6 a	57,2 a	56,8 a	59,4 a	57,2 a	57,7 a	56,5 a
PEBD (50 µm) + 3% O_2/10% CO_2		58,7 ab	60,7 a	60,9 a	60,6 a	62,9 a	58,8 a	58,3 a	57,7 a	58,2 ab	57,4 a	57,6 a	55,4 a
C.V. (%)		0,89	1,06	1,11	1,54	1,32	3,27	2,62	1,96	2,74	2,17	2,97	1,99
DMS		1,10	1,33	1,39	1,93	1,71	3,85	3,12	2,21	3,37	2,45	3,38	2,19
Índice a[x,w]													
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	14,7	20,5 a	23,3 a	19,1 a	22,9 a	21,3 a	9,8 b	20,7 a	-	16,7 a	-	-	-
PEBD (50 µm)		17,3 a	17,2 b	19,1 a	16,3 b	19,2 a	18,7 a	21,1 a	15,3 a	17,6 a	17,9 a	19,1 a	17,7 a
PEBD (50µm) + 3% O_2/8% CO_2		18,1 a	15,9 b	17,4 a	16,0 b	18,7 a	17,1 a	20,4 a	15,3 a	17,3 a	14,3 b	17,5 a	14,5 b
PEBD (50 µm) + 3% O_2/10% CO_2		17,7 a	17,5 b	17,3 a	17,4 b	17,7 a	15,5 a	22,7 a	17,2 a	19,9 a	17,2 b	19,0 a	15,7 b
C.V. (%)		10,99	6,10	8,00	8,96	11,44	15,67	7,86	7,95	9,93	9,62	6,32	5,88
DMS		4,25	2,37	3,06	3,41	4,61	5,03	3,50	2,50	3,72	3,13	2,31	1,89
Índice b[x,w]													
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	45,1	52,3 c	44,9 a	53,5 a	41,7 b	56,7 a	18,6 c	49,3 b	-	46,7 a	-	-	-
PEBD (50 µm)		52,3 c	43,7 a	53,3 a	46,3 ab	49,9 b	48,4 a	59,4 a	42,7 a	41,4 a	41,8 a	43,2 a	39,1 a
PEBD (50µm) + 3% O_2/8% CO_2		60,6 a	44,3 a	49,9 a	47,9 a	46,4 c	43,4 ab	60,9 a	40,6 a	43,8 a	35,3 b	43,5 a	39,3 a
PEBD (50 µm) + 3% O_2/10% CO_2		55,6 b	45,2 a	50,6 a	47,8 a	49,5 b	37,1 b	60,9 a	41,4 a	45,3 a	38,6 ab	42,3 a	36,3 a
C.V. (%)		2,48	3,06	4,32	5,76	3,10	8,69	4,86	5,14	7,48	5,20	6,60	7,35
DMS		2,87	2,86	4,70	5,56	3,29	6,72	5,88	4,22	6,96	3,96	5,61	5,55

[x]Média de 4 repetições, com três frutos como unidade experimental

[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR ; [z]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/80% UR

[w]Em colorímetro Minolta, sistema L* a* b*, onde L* representa luminosidade (0=preto a 100=branco), a* e b* cromaticidade (a^-=verde a a^+=vermelho e, b^-=azul a b^+=amarelo);

Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 29 – Cor de polpa de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

Índice L[x,w]													
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	66,9	65,0 b	65,5 a	67,9 a	62,6 b	67,0 bc	32,0 b	63,3 b	-	62,9 b	-	-	-
PEBD (50 µm)		66,4 ab	67,6 a	65,9 a	67,7 a	69,9 ab	65,3 a	69,4 a	63,4 a	66,9 ab	63,3 a	67,7 ab	64,0 a
PEBD (50µm) + 3% O_2/8% CO_2		69,9 ab	66,2 a	67,1 a	68,7 a	70,8 a	68,1 a	66,6 ab	64,0 a	71,0 a	63,4 a	64,6 b	64,6 a
PEBD (50 µm) + 3% O_2/10% CO_2		70,8 a	68,3 a	69,5 a	69,6 a	65,9 c	65,4 a	70,1 a	65,2 a	68,1 ab	63,8 a	68,9 a	62,0 a
C.V. (%)		3,90	3,72	3,36	3,50	2,44	6,88	3,75	3,80	3,67	3,90	2,42	3,73
DMS		5,57	5,22	4,77	4,94	3,51	8,34	5,30	4,81	5,18	4,89	3,20	4,67

Índice a[x,w]													
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	5,5	7,2 a	8,3 a	5,5 a	7,5 a	5,5 a	7,5 a	5,9 a	-	4,9 a	-	-	-
PEBD (50 µm)		4,8 b	5,9 b	6,5 a	5,1 b	5,5 a	5,1 b	5,6 a	4,5 a	5,2 a	5,0 a	5,5 a	4,9 a
PEBD (50µm) + 3% O_2/8% CO_2		5,4 ab	6,1 b	5,4 a	5,0 b	5,6 a	5,6 b	5,7 a	5,0 a	4,4 a	5,0 a	4,9 a	4,5 a
PEBD (50 µm) + 3% O_2/10% CO_2		5,4 ab	5,4 b	5,3 a	5,4 ab	6,7 a	5,5 b	5,8 a	5,1 a	5,0 a	5,3 a	5,1 a	4,4 a
C.V. (%)		15,19	14,95	16,93	18,01	18,91	13,87	17,59	22,23	13,01	16,78	13,19	14,29
DMS		1,82	2,01	2,01	2,18	2,31	1,73	2,12	2,14	1,33	1,64	1,35	1,30

Índice b[x,w]													
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	33,6	35,4 a	35,7 a	33,6 a	39,9 a	32,6 b	17,4 b	31,6 b	-	29,7 b	-	-	-
PEBD (50 µm)		32,7 a	36,6 a	35,4 a	36,6 ab	34,9 ab	34,5 a	31,5 b	32,5 a	31,1 b	30,8 a	32,4 a	33,7 a
PEBD (50µm) + 3% O_2/8% CO_2		34,4 a	36,5 a	33,7 a	33,6 b	34,6 ab	32,3 a	33,9 ab	33,1 a	34,1 a	29,7 a	30,5 a	31,0 a
PEBD (50 µm) + 3% O_2/10% CO_2		34,4 a	37,5 a	35,3 a	36,3 ab	37,6 a	32,9 a	35,6 a	31,7 a	34,3 a	31,5 a	32,8 a	30,8 a
C.V. (%)		6,64	8,47	7,43	6,70	5,79	10,33	5,22	5,71	4,06	7,28	4,19	6,70
DMS		4,77	6,50	5,46	5,15	4,24	6,35	3,63	3,66	2,75	4,41	2,64	4,21

[x]Média de 4 repetições, com três frutos como unidade experimental

[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR; [z]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento a 25°C/80% UR

[w]Em colorímetro Minolta, sistema L* a* b*, onde L* representa luminosidade (0=preto a 100=branco), a* e b* cromaticidade (a^-=verde a a^+=vermelho e, b^-=azul a b^+=amarelo);

Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 30 – Sólidos solúveis (°Brix) de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Sólidos solúveis (°Brix)[x]												
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	11,8	12,0 a	12,9 a	12,1 a	13,6 a	12,2 a	14,2 a	12,7 a	-	12,2 a	-	-	-
PEBD (50 μm)		12,4 a	12,6 a	12,5 a	12,4 a	12,3 a	12,6 a	12,3 a	12,4 a	12,0 a	12,2 a	12,1 a	12,7 a
PEBD (50μm) + 3% O_2/8% CO_2		12,5 a	13,1 a	12,4 a	12,8 a	12,3 a	12,9 a	12,5 a	12,4 a	11,9 a	12,3 a	12,7 a	12,8 a
PEBD (50 μm) + 3% O_2/10% CO_2		12,1 a	12,8 a	12,7 a	12,5 a	12,5 a	12,4 a	12,6 a	12,5 a	12,1 a	12,6 a	13,3 a	12,9 a
C.V. (%)		4,99	3,53	6,52	4,92	5,97	4,13	5,40	2,99	5,77	6,78	6,28	6,36
DMS		1,28	0,95	1,70	1,32	1,54	1,13	1,42	0,73	1,46	1,65	1,57	1,61

[x]Média de 4 repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR
[z]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento após transferência dos frutos para 25°C/80% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 31 – Acidez total de caqui 'Fuyu' armazenado sob atmosfera modificada.

	Acidez total (g ác. málico.100 g^{-1})[x]												
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	0,06	0,08 a	0,08 a	0,08 a	0,08 a	0,08 a	0,14 a	0,10 a	-	0,07 b	-	-	-
PEBD (50 μm)		0,06 b	0,07 a	0,06 b	0,07 b	0,06 a	0,07 b	0,07 b	0,08 a	0,06 b	0,10 a	0,07 a	0,13 b
PEBD (50μm) + 3% O_2/8% CO_2		0,06 b	0,06 a	0,06 b	0,07 b	0,06 a	0,07 b	0,06 b	0,09 a	0,06 b	0,09 a	0,07 a	0,14 a
PEBD (50 μm) + 3% O_2/10% CO_2		0,05 b	0,06 a	0,06 b	0,07 b	0,06 a	0,07 b	0,06 b	0,09 a	0,08 a	0,10 a	0,08 a	0,12 b
C.V. (%)		14,24	22,86	9,43	9,67	10,08	6,53	9,20	7,67	10,35	19,60	8,50	3,46
DMS		0,02	0,03	0,02	0,01	0,14	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01

[x]Média de 4 repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR
[z]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento após transferência dos frutos para 25°C/80% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

QUADRO 32 – pH de caqui ‘Fuyu’ armazenado sob atmosfera modificada.

	pH[x]												
Tratamentos	0	15[y]	15+5[z]	30	30+5	45	45+5	60	60+5	75	75+5	90	90+5
Testemunha	6,24	6,20 a	6,15 a	6,13 b	6,10 a	6,05 b	6,18 b	6,20 b	-	6,23 b	-	-	-
PEBD (50 μm)		6,18 a	6,28 a	6,35 a	6,20 a	6,40 a	6,38 a	6,48 a	6,28 a	6,45 a	6,35 a	6,48 a	6,40 a
PEBD (50μm) + 3% O_2/8% CO_2		6,18 a	6,25 a	6,30 a	6,15 a	6,35 a	6,28 ab	6,40 a	6,30 a	6,45 a	6,25 a	6,48 a	6,30 a
PEBD (50 μm) + 3% O_2/10% CO_2		6,20 a	6,20 a	6,28 a	6,03 a	6,28 a	6,20 b	6,38 a	6,30 a	6,40 ab	6,40 a	6,50 a	6,35 a
C.V. (%)		0,57	1,66	0,73	1,20	1,36	0,95	1,06	0,88	1,62	2,68	1,21	1,57
DMS		0,07	0,22	0,10	0,15	0,18	0,13	0,14	0,11	0,22	0,34	0,15	0,20

[x]Média de 4 repetições, com três frutos como unidade experimental
[y]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR
[z]Dias de armazenamento a 1°C/90% UR mais dias de armazenamento após transferência dos frutos para 25°C/80% UR
Médias seguidas da mesma letra, dentro da coluna, não diferem significativamente entre si (Tukey=0,05)

Os resultados obtidos nos Experimentos I, II e III mostram que o filme PEBD 80 μm, avaliado no Experimento I, pode induzir a ocorrência de anaerobiose nos frutos, além de elevada concentração de CO_2 no interior das embalagens, podendo causar alterações fisiológicas que impedem o amadurecimento normal dos frutos, além de alterações no sabor e odor dos mesmos. O uso deste filme com menor espessura, 50 μm, com ou sem injeção de mistura gasosa (Experimentos II e III), proporcionou resultados satisfatórios no armazenamento de caqui 'Fuyu', podendo ser armazenado por aproximadamente 80 dias a 1°C/90% UR. Resultados semelhantes foram obtidos com o filme PO 63 e 58 μm (Experimentos I e II, respectivamente), que por apresentarem taxas próximas de permeabilidade ao O_2 de 3433 e 3940 $cm^3.m^{-2}.dia^{-1}$, respectivamente, e iguais ao CO_2, 22 360 $cm^3.m^{-2}.dia^{-1}$, mostraram-se eficientes em retardar o amadurecimento dos frutos, os quais puderam ser armazenados por até 84 dias a 1°C/90% UR (PO 58 μm).

Os filmes PVC 12 μm e PO 38 μm microperfurado, testados nos Experimentos I e II, respectivamente, não foram eficazes em retardar o amadurecimento dos frutos, por não modificarem eficientemente a atmosfera no interior das embalagens.

Sob tal aspecto, Kader (1986) relata que os efeitos benéficos de altos níveis de CO_2 em atmosfera modificada são geralmente provenientes da supressão da respiração entre outros processos bioquímicos. A primeira ação do CO_2 parece ser na cinética de uma reação reversível dentro do ciclo do ácido tricarboxílico catalisado pela succinato desidrogenase, levando ao acúmulo de ácido succínico. Estas observações sugerem que o CO_2 pode atuar como um fator controlador na operação do ciclo do ácido tricarboxílico, com o excesso do gás inibindo a atividade mitocondrial ocasionando a formação de acetaldeído e

etanol (Mathooko, 1996a). Os efeitos do elevado nível de CO_2 e reduzido de O_2 na taxa de respiração e mudança da via aeróbia para anaeróbia são aditivos (Kader, 1986).

Confirmando estes relatos, Ben-Arie & Zutkhi (1992) encontraram resultados satisfatórios em caquis 'Fuyu' acondicionados em filme PEBD 60 e 80 µm, armazenados por 18 semanas a 0°C, relatando que a taxa de respiração dos frutos foi reduzida nos dois sistemas de embalagem.

Mudanças na concentração de voláteis durante o armazenamento podem influenciar o sabor das frutas (Yahia, 1998). Ke et al. (1994) relatam que baixos níveis de O_2 e/ou altos de CO_2 aumentam a atividade da piruvato descarboxilase a da álcool desidrogenase causando acúmulo de etanol, levando a biossíntese de etil ester que pode influenciar o sabor e odor dos frutos. Observou-se um acúmulo constante de etanol em todos os sistemas de embalagens estudados, devido à baixa concentração de O_2 no interior das embalagens, mais pronunciado para o PEBD 80 µm (Experimento I). No entanto, a avaliação sensorial não detectou a presença de odor e/ou sabor estranhos nos frutos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Ben-Arie & Zutkhi (1992), que relataram que caquis acondicionados em filme PEBD de 80 µm, mantiveram boa qualidade externa e interna por quatro meses de armazenamento a 0°C mais sete dias a 20°C, entretanto, houve maior acúmulo de etanol no espaço-livre destas embalagens quando comparadas ao filme de polietileno de 60 µm, armazenado sob as mesmas condições. Pesis et al. (1986) observaram um acúmulo de etanol no interior do filme PEBD 80 µm, contendo caqui 'Triumph', durante 60 dias a –1°C mais 16 dias a 20°C. Por outro lado, o conteúdo de acetaldeído manteve-se praticamente constante durante este período.

Confirmando os resultados obtidos no Experimento III, Park et al. (1997) relataram que o conteúdo de acetaldeído e etanol não foi influenciado pelo acondicionamento dos frutos em PEBD 60 μm selados com injeção de diferentes misturas gasosas (5% O_2/5 % CO_2, 5% O_2/10% CO_2, 10% O_2/5 % CO_2, 10% O_2/10% CO_2), quando comparado ao filme sem injeção de mistura gasosa. Após o equilíbrio dos gases, no interior das embalagens, ter sido atingido, não houve diferença marcante entre os diferentes tratamentos quanto aos níveis de O_2 e CO_2.

A ausência de sabor indesejável mesmo com o relativo aumento da concentração de etanol pode ser devido aos altos conteúdos de sólidos solúveis dos frutos. Segundo Ke et al. (1991), citado por Park (1999), conteúdos de 14% de sólidos solúveis e 1500 $\mu L.L^{-1}$ de etanol seriam requeridos para detecção de sabor indesejável. Mudanças na concentração de voláteis durante o armazenamento influenciam o sabor e odor do fruto. Baixa concentração de etanol pode não afetar o sabor do fruto, entretanto altas concentrações podem causar sabores e odores indesejáveis durante o armazenamento (Ben-Arie & Zutkhi, 1992). O conteúdo de etanol detectado nos três experimentos seria, portanto, muito baixo para a detecção de sabor desagradável nos frutos.

Park (1999), em trabalho com caqui ‘Fuyu’ acondicionado em filme de polietileno de 60 μm, demonstrou que 300-450 $\mu L.L^{-1}$ de etanol não afetou o sabor do fruto. Ben-Arie & Zutkhi (1992) observaram um contínuo acúmulo de etanol nas embalagens PEBD 60 e 80 μm contendo caqui ‘Fuyu’, mais pronunciado para a de 80 μm, durante 18 semanas de armazenamento a 0°C mais sete dias a 20°C.

Dentre os benefícios promovidos pela AM, destacam-se a redução da perda de peso e da perda de firmeza dos frutos.

A perda de água dos frutos causa perecibilidade não só diretamente, devido à perda de peso comercial, mas também pela perda de qualidade na aparência, textura e valor nutricional. As embalagens plásticas foram eficientes em evitar a perda de peso dos frutos durante o armazenamento, uma vez que formam uma barreira à troca de umidade com o ambiente e, consequentemente, reduzem o déficit de pressão de vapor entre os tecidos dos frutos e o ambiente, diminuindo a taxa de transpiração dos mesmos.

Resultados semelhantes foram obtidos por Moura et al. (1997) com caqui ‘Taubaté’ acondicionado em filme PVC, o qual apresentou reduzida perda de peso ao final de 72 dias de armazenamento a 0°C.

O amolecimento que ocorre durante o desenvolvimento do fruto é primeiramente devido à mudança no metabolismo de carboidratos da parede celular e a ação de hidrolases. A diminuição da atividade respiratória em atmosfera modificada representa a redução da atividade catabólica e processos degradativos (Brecht, 1980), retardando o processo de degradação da lamela média e das substâncias pécticas, predominantemente pectato de cálcio, que mantêm a integridade da parede celular (Lougheed, 1987).

Confirmando os resultados obtidos neste experimento, Brackmann et al. (1997) observaram que caquis ‘Fuyu’, armazenados sob condições de atmosfera modificada (PEBD 40 µm), mantiveram maior resistência da polpa à penetração (23,5 N) após 30 dias de armazenamento refrigerado (0°C) mais quatro dias a 13,5°C. Do mesmo modo, Ben-Arie & Zutkhi (1992) afirmaram que caquis ‘Fuyu’, acondicionados em filme PEBD de 60 ou 80 µm, apresentaram maior resistência da polpa quando comparados aos frutos não embalados, armazenados a 0°C por quatro meses. Jin & Joon (1997) relataram que a perda da

resistência da polpa à penetração de caqui ‘Fuyu’ acondicionado em PEBD 50 µm foi menor comparativamente aos frutos acondicionados em PEBD 20 ou 100 µm.

Cutillas-Iturralde et al. (1993) registraram que frutos jovens de caqui contém uma grande proporção de pectinas, que diminui com o amadurecimento. O amolecimento do caqui ocorre na ausência da poligalacturonase e, portanto, a enzima não estaria envolvida no metabolismo de pectinas durante o desenvolvimento do fruto, e sim, a galactosidase seria responsável pela degradação de pectinas do fruto. Porém, Ben-Arie et al. (1996) relataram que a poligalagturonase exerce um papel importante no estágio final do amadurecimento do fruto, quando torna-se murcho. Grant et al. (1992) e Itamura et al. (1995) relataram que o amolecimento do caqui parece estar relacionado à decomposição da hemicelulose da parede celular.

Dentre os vários efeitos benéficos da atmosfera modificada em frutos está a prevenção dos processos de amadurecimento e, dentre estes a atividade respiratória e produção de etileno que, consequentemente, diminuem a degradação da clorofila e reduzem a biossíntese de carotenóides (Brecht, 1980; Kader, 1986).

Sob tal aspecto, Moura et al. (1997) trabalhando com caqui ‘Taubaté’ acondicionado em filme PVC, relatam que os frutos apresentaram maior teor de clorofila em relação a testemunha ao longo de 72 dias de armazenamento a 0°C.

Por outro lado, Kader (1986) e Smith et al. (1987) relatam que o uso de atmosfera modificada pode afetar adversamente o amadurecimento do fruto, resultando no bloqueio da mudança de coloração externa. Os menores índices de vermelho (a*) na casca dos frutos acondicionados em PO 58 e 63 µm e PEBD 80 e 50 µm, durante todo o experimento, indicam pequena inibição do amadurecimento resultado da modificação das atmosferas no

interior das embalagens, porém não prejudicaram a qualidade visual dos frutos. Joon et al. (1999) relataram que o armazenamento de caquis ‘Fuyu’ sob 10% CO_2 foi efetivo em manter os valores de L*, a* e b* quando comparados aos valores encontrados antes do armazenamento. Lyon et al. (1992) observaram aumento nos valores de a* e diminuição em L* e b* em caquis armazenados a 1°C por oito semanas.

Quanto aos teores de sólidos solúveis, observou-se uma pequena elevação durante o armazenamento dos frutos, nos três experimentos, não havendo, de modo geral, diferenças significativas entre os frutos acondicionados sob AM e a testemunha.

Sob tal aspecto, Clark & MacFall (1996) constataram que os teores de sólidos solúveis mostraram pouca variação em caqui ‘Fuyu’ armazenado a 7°C por seis semanas, acondicionados em PEBD 60 μm. Moura et al. (1997) relataram que o teor de sólidos solúveis foi crescente com o tempo e maior nos frutos embalados quando comparado aos frutos acondicionados em PVC. No entanto, Turk (1993) observou que caqui ‘Fuyu’ acondicionado em filme de polietileno de 30 μm apresentou uma contínua diminuição nos teores de sólidos solúveis durante 80 dias de armazenamento a 1°C.

Senter et al. (1991) relataram, após identificarem e quantificarem os açúcares solúveis em cinco cultivares de caqui, entre elas ‘Fuyu’, que glicose, frutose e sacarose estavam presentes em maior quantidade e, dentre estes, notou-se uma diminuição da sacarose na cv. Fuyu durante o amadurecimento do fruto, observando ainda que, o teor de sólidos solúveis em caqui ‘Fuyu’ não variam significativamente durante o amadurecimento dos frutos. Taylor (1993) constatou que o conteúdo de açúcares totais para as cultivares não adstringentes pode variar de 10,1 a 16,7%. Clark & MacFall (1996) e Harker & Forbes (1997) afirmaram que caqui ‘Fuyu’ com qualidade para exportação possui 14°Brix.

Os principais ácidos orgânicos não voláteis encontrados em caqui incluem succínico, málico e cítrico; o ácido málico parece aumentar com a maturação, entretanto o ácido cítrico diminui (Taylor, 1993). De modo geral, observou-se que a acidez do caqui aumenta durante o amadurecimento dos frutos. Notou-se ainda que os diferentes sistemas de embalagem retardaram este aumento.

Este comportamento também foi observado por Senter et al. (1991) em caqui 'Fuyu' obtido em diferentes estádios de maturação, sendo que os ácidos não voláteis identificados e quantificados em maiores quantidades foram málico, succínico, cítrico, sendo o málico predominante.

De forma semelhante, Moura et al. (1997) observaram um comportamento semelhante relativo ao teor de acidez, caracterizado por uma elevação, seguida por uma diminuição do seu valor, porém, não verificaram diferença significativa entre os frutos acondicionados em filme PVC e testemunha. Lyon et al. (1992) não observaram variações nos níveis de acidez total de caquis 'Fuyu' armazenados por 8 semanas a 1°C ou por duas semanas a 18°C. No entanto, notaram diminuição do pH dos frutos após duas semanas a 18°C ou quatro semanas a 1°C.

Um dos principais problemas encontrados durante o armazenamento de caqui é o escurecimento da casca dos frutos. Este escurecimento foi constatado nos três experimentos, observando-se que os diferentes filmes utilizados foram eficientes em reduzir a incidência e severidade do mesmo. Isto pode ser resultado da atmosfera modificada desenvolvida no interior dos filmes, na qual, o reduzido nível de O_2 pode ter atuado na inibição da oxidação de fenóis, diminuindo a afinidade da polifenoloxidase por seu substrato, que leva à formação de pigmentos escuros (Ben-Arie & Zutkhi, 1992; Park, 1999). Yamamura

et al. (1984) relataram que o caqui apresenta alguns tipos de distúrbios na superfície dos frutos, de coloração escura. Dentre eles, as linhas verticais e as horizontais irregulares, localizadas no ápice do fruto, estão relacionadas principalmente ao crescimento do fruto. Estas linhas tornam-se escuras devido a oxidação de substâncias fenólicas nestas células.

Sob tal aspecto, Park (1999) relatou que a ocorrência de escurecimento da casca de caqui 'Fuyu', acondicionado em PEBD 60 μm, tornou-se evidente após oito semanas de armazenamento a 0°C, relatando ainda que o escurecimento da polpa dos frutos foi verificado após 12 semanas de armazenamento.

Porém, Kader (1986) relata que altos níveis de CO_2, acima do tolerável pelo fruto, pode promover o aparecimento de manchas escuras na casca e polpa dos frutos. Caquis 'Fuyu' podem sofrer distúrbios a concentrações de CO_2 maiores que 10% e O_2 menores que 3% quando armazenados por longo tempo a 0°C (Mitcham et al., 1997).

Brackmann et al. (1997) verificaram que a utilização de filme PEBD 40 μm microperfurado no acondicionamento de caqui 'Fuyu' foi eficiente em inibir parcialmente o desenvolvimento de distúrbios fisiológicos nos frutos. O mesmo foi observado por Ben-Arie & Zutkhi (1992) em caqui 'Fuyu' acondicionado em PEBD 60 e 80 μm, sendo que, ao final de 18 semanas de armazenamento os frutos apresentavam baixa incidência de escurecimento e podridões.

Não detectou-se a ocorrência de podridões em nenhum dos experimentos. Sob tal aspecto, Ben-Arie & Zutkhi (1992) citam que o efeito benéfico da redução de podridões pode ser atribuído aos efeitos diretos da alteração da atmosfera, sendo que, o elevado nível de CO_2 pode retardar o desenvolvimento de podridões. Brackmann & Saquet (1995) relataram que caquis 'Fuyu' armazenados a 0,5°C sob condição de atmosfera

controlada com 2% O_2/8% CO_2, apresentaram baixos percentuais de podridões após 85 dias de armazenamento sob estas condições.

A atmosfera controlada ou modificada atrasam a senescência dos frutos, incluindo o amadurecimento e, consequentemente, reduzem a suscetibilidade das frutas ao desenvolvimento de patógenos. Por outro lado, condições desfavoráveis de atmosfera modificada podem induzir desordens fisiológicas e tornar o fruto mais susceptível à infecção por microrganismos (Kader, 1986).

6.3.3.2 Frutos inoculados com *Rhizopus stolonifer*

Observa-se pelas Figuras 13 e 14, que o filme PEBD 50 µm, com ou sem injeção de mistura gasosa, foi eficiente na redução da incidência e severidade (índice de doença) da podridão por *Rhizopus stolonifer*, não havendo diferenças significativas entre os diferentes sistemas de embalagem. Nota-se ainda que aos 20 dias de armazenamento (15+5), a incidência e o índice de doença foram menores na testemunha do que nos frutos acondicionados sob condições de atmosfera modificada, provavelmente, pela baixa umidade relativa durante o período em que os frutos foram acondicionados sob condições de ambiente (≈60%), que pode ter atuado na supressão do desenvolvimento do patógeno (Gupta & Pathak, 1990).

Na Figura 15 está apresentada a evolução dos níveis de O_2 e CO_2 nos diferentes sistemas de embalagem. Sob armazenamento refrigerado os níveis médios de O_2 no equilíbrio foram: 6,91%; 6,43%; 6,73%, referente aos tratamentos PEBD 50 µm, PEBD 50 µm (3%O_2 + 8%CO_2), PEBD 50 µm (3%O_2 + 10%CO_2), respectivamente. Estes níveis de

equilíbrio mudaram para 2,83%; 2,88%; 3,20%, após a transferência para condições de ambiente. Paralelamente, os valores médios encontrados para os níveis de CO_2 foram 3,34%; 3,44%; 3,39%, em armazenamento refrigerado e 7,77%; 7,23%; 7,23%, sob temperatura ambiente, respectivamente aos tratamentos. As mudanças nos níveis de equilíbrio após a transferência dos frutos para condições de ambiente, foram expressas por um significativo aumento da concentração de CO_2, acompanhado pelo declínio da concentração de O_2, que podem ter atuado na supressão do crescimento do patógeno. Nota-se ainda que, o desenvolvimento do fungo no interior das embalagens causou um maior aumento da liberação de CO_2 e consumo de O_2 quando comparado aos níveis encontrados para os frutos não inoculados (Figura 8). Baixos níveis de acetaldeído e etanol acumularam-se no interior dos diferentes sistemas de embalagem (Figura 16). O efeito fungitóxico do acetaldeído foi relatado por alguns autores (Avissar et al., 1990; Avissar & Pesis, 1991; Prusky et al., 1997). Porém, as concentrações geralmente efetivas são uma ou duas vezes maiores do que aquelas encontradas no interior dos sistemas de embalagem utilizados para o caqui. De forma semelhante, a efetividade do etanol na supressão do desenvolvimento de patógenos só torna-se evidente após exposição dos frutos a altas concentrações por longo período (Prusky et al., 1997). Os mesmos autores verificaram que concentrações de 510 $\mu g.mL^{-1}$ seriam necessárias para a redução do desenvolvimento de podridões e, concentrações de 850 $\mu g.mL^{-1}$ não afetaram o desenvolvimento de fungos. Estas concentrações são bem maiores quando comparadas às obtidas neste experimento. Estes resultados sugerem que o acúmulo de CO_2 no interior dos sistemas de embalagem (Figura 15) pode ser por si só suficiente para suprimir o desenvolvimento de *R. stolonifer* durante o armazenamento de caqui ‘Fuyu’.

Os resultados obtidos no teste *in vitro* de diferentes composições gasosas sobre o crescimento micelial de *R. stolonifer* mostraram que as atmosferas de 3% O_2 e 8% ou 10% CO_2, foram efetivas na supressão do crescimento micelial do fungo. Observou-se, no teste *in vivo*, que as concentrações de O_2 e CO_2 no interior do filme PEBD 50 μm, com ou sem injeção de mistura gasosa, foram semelhantes, tanto sob armazenamento refrigerado quanto sob condições de ambiente, e mostraram-se efetivas no controle da podridão de Rhizopus. Ou seja, neste caso, houve correlação entre os resultados observados *in vitro* e *in vivo*.

Sob tal aspecto, Barkai-Golan (1990) relatou que os efeitos de baixos níveis de O_2 e altos de CO_2 no crescimento *in vitro* de microrganismos pode algumas vezes servir como base para a avaliação dos efeitos da atmosfera modificada *in vivo*. Entretanto, o crescimento de um patógeno no hospedeiro pode diferir grandemente do seu crescimento dentro de condições *in vitro*, não somente pela diferença de substratos, mas também como resultado da relação entre patógeno e hospedeiro. A suscetibilidade dos frutos ao ataque de microrganismos geralmente aumenta com o amadurecimento. O aumento da suscetibilidade envolve um aumento na permeabilidade da membrana, resultando na liberação de nutrientes e água para os espaços intercelulares, bem como, a diminuição da habilidade do hospedeiro para sintetizar compostos anti-fúngicos e o aumento da suscetibilidade da parede celular ao ataque de enzimas degradativas produzidas pelo patógeno.

A atmosfera modificada é aplicada para manter o estado fisiológico do fruto, mas é capaz de aumentar ou diminuir a incidência de doenças durante o armazenamento. O aumento da incidência de doenças pode estar relacionado a alta umidade relativa e condensação de água no interior das embalagens, podendo ser um fator limitante para a

implementação desta técnica (Smith et al., 1987). Contudo, a diminuição da incidência de doenças pode ocorrer para frutos expostos a altos níveis de CO_2 (≥20%).

Sob tal aspecto, Wells & Uota (1970) relataram, em teste *in vitro*, que o crescimento micelial de *R. stolonifer* foi reduzido em 15% quando exposto a 4% de O_2. Quando exposto a 2% O_2 mais 10, 20, 30 ou 45% de CO_2, a supressão do crescimento micelial foi de até 50%. Reys & Smith (1986) observaram que o crescimento de *R. nigricans* foi reduzido em cerejas acondicionadas em PEBD 76 µm onde a concentração de O_2 foi de 1,5% e de CO_2, 4%. De forma semelhante, Couey & Wells (1970) observaram que a podridão de *R. stolonifer* em morangos foi reduzida quando os frutos foram expostos a 1% O_2 mais 10% CO_2.

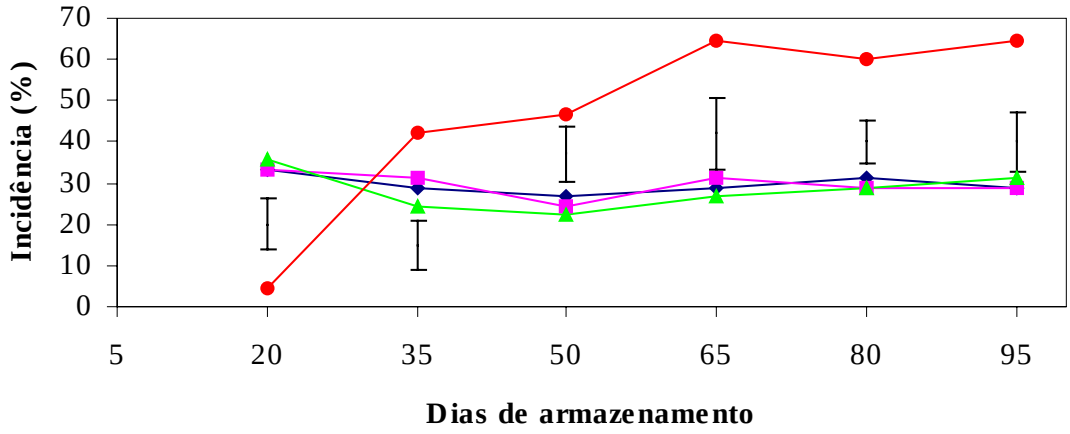


FIGURA 13 - Incidência (%) de podridão de *Rhizopus stolonifer* em caqui 'Fuyu' acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—●—), PEBD 50 µm (—◆—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—▲—), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa entre os tratamentos (Tukey=0,05).

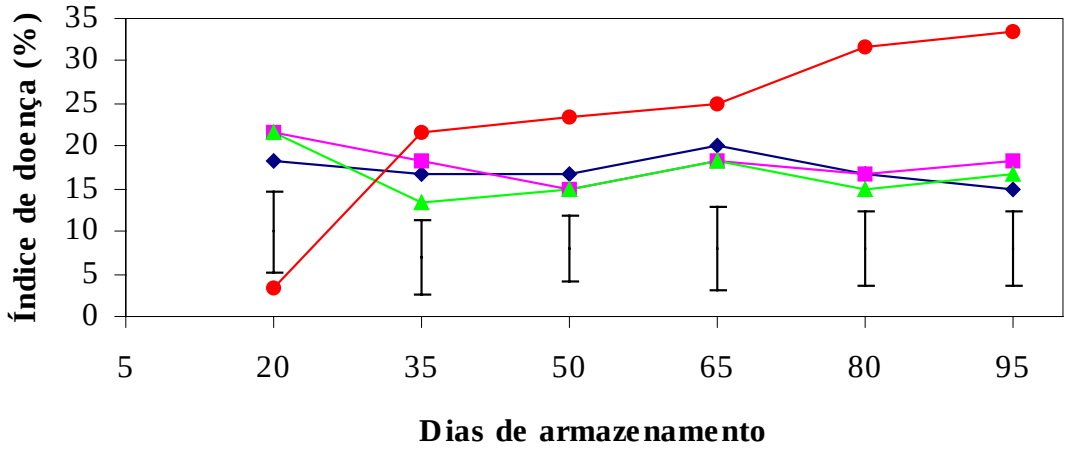


FIGURA 14 - Índice de doença (%) em caqui 'Fuyu' inoculado com *Rhizopus stolonifer* e acondicionado em diferentes sistemas de embalagens: testemunha (—●—), PEBD 50 µm (—◆—), PEBD 50 µm (3% O_2/8% CO_2) (—■—), PEBD 50 µm (3% O_2/10% CO_2) (—▲—), após diferentes períodos sob armazenamento refrigerado (1°C/90% UR) mais cinco dias a 25°C/80% UR. Barras verticais indicam a diferença mínima significativa entre os tratamentos (Tukey=0,05).

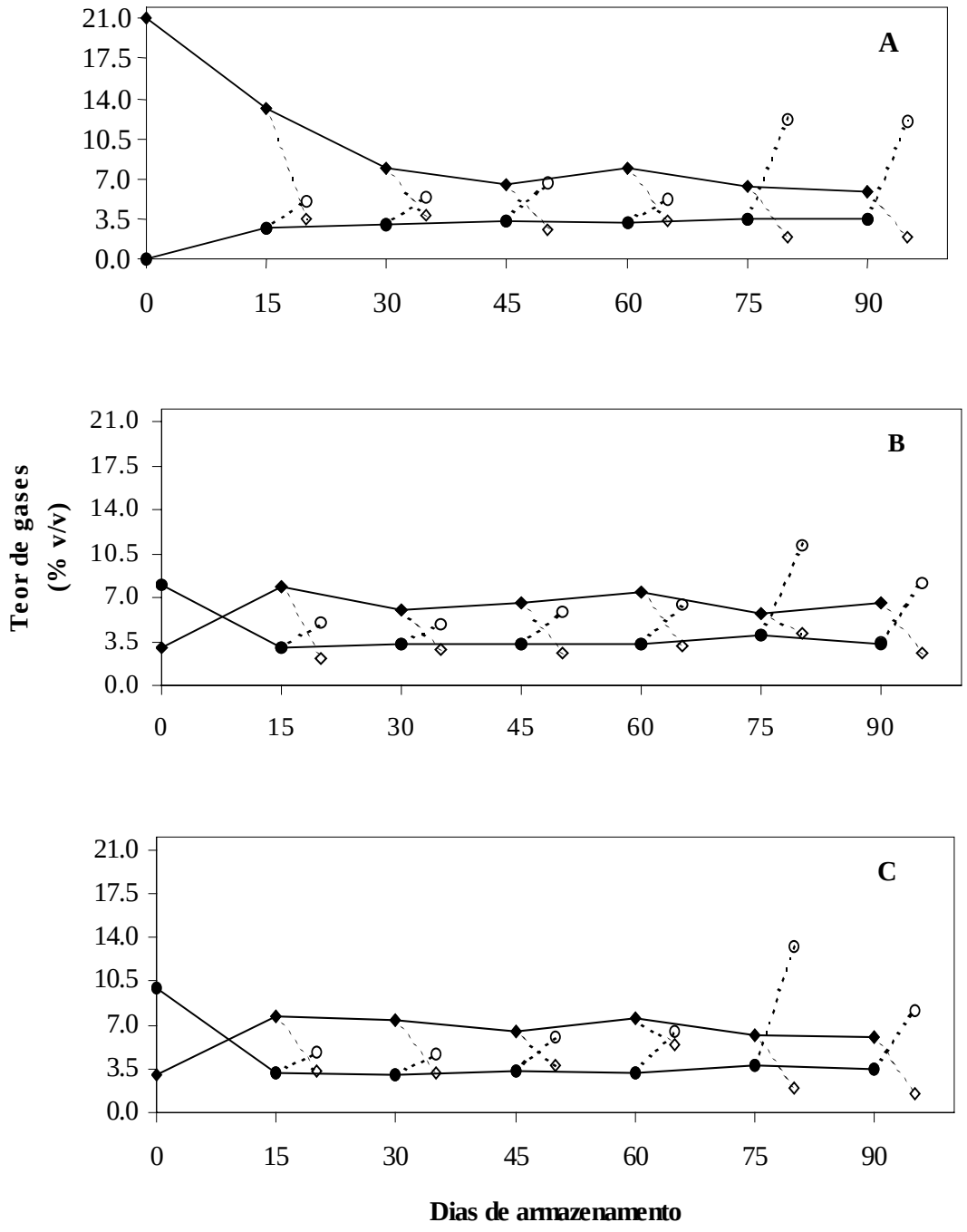


FIGURA 15 - Evolução dos teores de O_2 (—◆—) e CO_2 (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 μm (A), PEBD 50 μm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD 50 μm (3% O_2/10% CO_2) (C), com caqui 'Fuyu' inoculado com *Rhizopus stolonifer*, durante vários períodos de armazenamento refrigerado (—) 1°C/90% UR, seguidos por 5 dias à 25°C/80% UR (---).

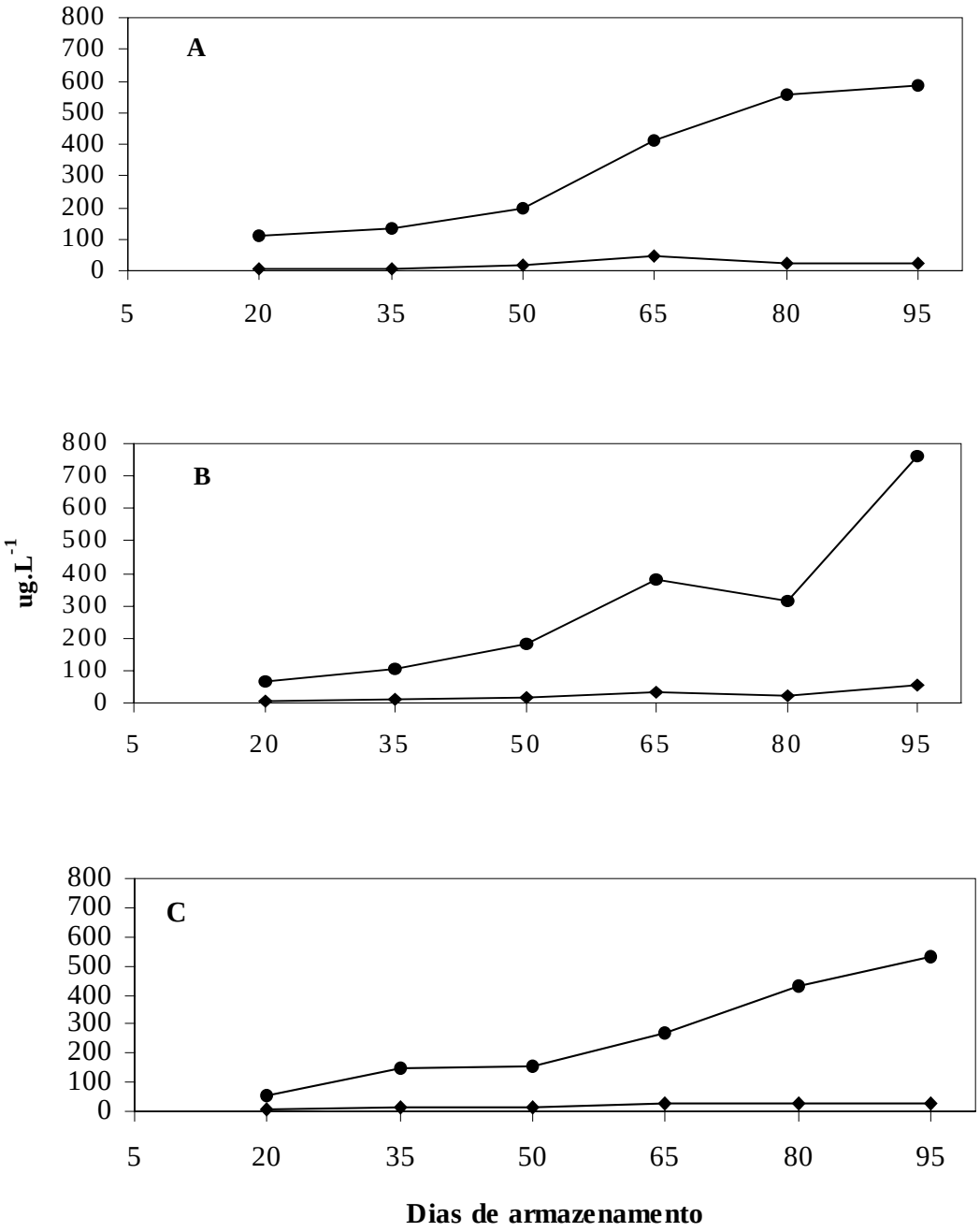


FIGURA 16 - Evolução dos teores de acetaldeído (—◆—) e etanol (—●—) no espaço-livre dos sistemas de embalagens PEBD 50 μm (A), PEBD 50 μm (3% O_2/8% CO_2) (B), PEBD 50 μm (3% O_2/10% CO_2) (C),, com caqui 'Fuyu' inoculado com *Rhizopus stolonifer*, durante vários períodos de armazenamento refrigerado, mais 5 dias à temperatura ambiente (25°C/80% UR).

7 CONCLUSÕES

- Os principais patógenos incidentes em caqui, no estado de São Paulo, são: *Rhizopus stolonifer*, *Lasiodiplodia theobromae* e *Pestalotiopsis* sp.;
- Para *R. stolonifer*, as atmosferas de 3% O_2 e 8%, 10% ou 12% CO_2 e as de 5% O_2 e 10% ou 12% CO_2, suprimem o crescimento do patógeno. Para *Pestalotiopsis* sp. e *Alternaria alternata*, a maior supressão do crescimento micelial ocorre a 3% O_2 e 10% ou 12% CO_2, enquanto que, para *L. theobromae* há efeito de estímulo do crescimento sob baixos níveis de O_2 e altos de CO_2, *in vitro*;
- O filme **PO 58 µm** apresenta bons resultados em manter a qualidade pós-colheita do caqui, podendo ser armazenado por 84 dias a 1°C/90% UR, com mais cinco dias a 25°C/80% UR;
- **PEBD 80 µm** promove risco de anaerobiose e excessivo acúmulo de CO_2 nas embalagens, podendo depreciar a qualidade dos frutos;
- Os filmes **PVC 12 µm** e **PO 38 µm microperfurado** não contribuem para prolongar o período de conservação do caqui;

- **PEBD 50 µm** apresenta excelentes resultados em aumentar o perído de armazenamento do caqui e controlar a podridão de Rhizopus, podendo ser armazenado por 90 dias a 1°C/90% UR mais cinco dias a 25°C/80% UR;
- A injeção de misturas gasosas (3% O_2 e 8% ou 10% CO_2) no filme PEBD 50 µm não resulta em aumento do período de conservação dos frutos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVISSAR, I., PESIS, E. The control of postharvest decay in table grapes using acetaldehyde vapors. *Annals of Applied Biology*, Norwich, v. 118, p. 229-37, 1991.

AVISSAR, I., DROBY, S.; PESIS, E. Characterization of acetaldehyde effects on *Rhizopus stolonifer* and *Botrytis cinerea*. *Annals of Applied Biology*, Norwich, v. 116, p. 213-20, 1990.

BARKAI-GOLAN, R. Postharvest disease supression by atmospheric modifications. In: CALDERON, M.; BARKAI-GOLAN, R. (Ed.) *Food Preservation by Modified Atmospheres*. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 237-264.

BEN-ARIE, R., ZUTKHI, Y. Extending the Storage Life of 'Fuyu' Persimmon by Modified-atmosphere Packaging**.** *HortScience*, Alexandria, v. 27, n. 7, p. 811-813, 1992.

BEN-ARIE, R., PEREZ, A., PRUSKY, D. Physiological and Physical measures to control postharvest diseases of fruit. *Phytoparasitica*, Petroria, v. 20, supl., p. 155-158, 1992.

BEN-ARIE, R., ZUTKHI, Y., SONEGO, L., KLEIN, J. Modified atmosphere packaging for long-term storage of astringent persimmons. *Postharvest Biology and Technology,* Amsterdam, v. 1, n. 2, p. 169-179, 1991.

BEN-ARIE, R., SAKS, Y., SONEGO, L., FRANK, A. Cell wall metabolism in gibberellin treated persimmon fruits. *Plant Growth Regulation,* Dordrecht, v. 19, p. 25-33, 1996.

BRAKMANN, A., SAQUET, A.A. Efeito da temperatura e condições de atmosfera controlada sobre a conservação de caqui (*Diospyrus kaki*, L.). *Ciência Rural,* Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 375-8, 1995.

BRAKMANN, A., MAZARO, S.M., SAQUET, A.A. Frigoconservação de caquis (*Diospyrus kaki* L.) das cultivares Fuyu e Rama Forte. *Ciência Rural,* Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 561-565, 1997.

BRECHT, P.E. Use of controlled atmospheres retard deterioration of produce. *Food Technology,* Chicago, v. 34, n. 3, p. 45-50, 1980.

CALBO, A.G. Adaptação de um fluxcentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* Brasília, v. 24, n. 6, p. 733-39, 1989.

CARVALHO, C.R.L., MANTOVANI, D.M.B., CARVALHO, P.R.N., MORAES, R.M. *Análises Químicas de Alimentos.* Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121p. (Manual Técnico).

CHITARRA, M.I.F., CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças:* fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 293p.

CLARK, C. J., MAcFALL, J. S. Magnetic resonance imaging of persimmon fruit (*Diospyrus kaki*) during storage at low temperature and under modified atmosphere. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, n. 9, p. 97-108, 1996.

COLLINS, R. J., TISDELL, J. S. The influence of storage time and temperature on chilling injury in Fuyu and Suruga persimmon (*Diospyros kaki* L.) qrown in subtropical Australia. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 6, n. 1/2, p. 149-157, 1995.

COLLINS, R. J., TISDELL, J. G. Predicting the storability of Suruga persimmons. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 7, p. 351-7, 1996.

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

CUTILLAS- ITURRALDE, A., ZARRA, I., LORENCES, E. P. Metabolism of cell wall polysaccharides from persimmon fruit. Pectin solubization during fruit ripening occurs in apparent absence of polygalaturonase activity. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, v. 89, p. 369-375, 1993.

DENNIS, C. (Ed.). ***Post-harvest pathology of fruits and vegetables***. London: Academic Press, 1983. 265p.

EL-GOORANI, M.A., SOMMER, N.F. Suppression of postharvest plant pathogenic fungi by carbon monoxide. *Phytopathology*, St. Paul, v. 69, n. 8, p. 834-38, 1979.

FAO. Production and exportation of fruits. Disponível em: <http://apps1.fao.org/servlet/>. Acesso em: 05 out. 2001.

GRANT, T. M., MACRAE, E. A., REDGWELL, R.J. Effect of chilling injury on physicochemical properties of perssimmon cell walls. *Phytochemistry*, Oxford, v. 31, n. 11, p. 3739-44, 1992.

GUPTA, A.K., PATHAK, V.N. Epidemiologia e controle da podridão dos frutos de mamoeiro. *Summa Phytopathologica,* Jaguariúna, v.16, n.2, p.92-105, 1990.

HAN, B.Z., NOUT, R.M.J. Effects of temperature, water activity and gas atmosphere on mycelial growth of tempe fungi *Rhizopus microsporus* var. *microsporus* and *R. microsporus* var. *oligosporus*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 16, p. 853-58, 2000.

HARDENBURG, R. E., WATADA, A. E., WANG, C. Y. *The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nurcery stocks.* USDA Agricultural Research Serial. Ag Handbook N° 66, 1986. 130p.

HARKER, F.R., FORBES, S.K. Ripening and development of chilling injury in persimmon fruit: na eletrical impedance study. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, Wellington, v. 25, n. 2, p. 149-57, 1997.

HERNER, R.C. High CO_2 effects on plant organs. In: WEICHMANN, J. (Ed.). *Postharvest physiology of vegetable*s. New York: Marcel Dekker, Inc., 1987. p. 239-53.

IEA. *Anuário 2000 - Série: Informações Estatísticas da Agricultura*. São Paulo: SAA/APTA, v.12, n.1, 2001, p.19.

ITAMURA, H., TANIGAWA, T., YAMAMURA, H. Composition of cell-wall polysaccharides during fruit softening in 'Tonewase' japanese persimmon. *Acta Horticulturae*, Wageningen ,v. 398, p. 131-38, 1995.

ITO, S. The persimmon. In: HULME, A.C. (Ed.). *The biochemistry of fruits and their products*, v. 2. London: Academic Press, 1970. p. 281-301.

JACOMINO, A.P. *Conservação de goiabas 'Kumagai' em diferentes temperaturas e materiais de embalagem.* Piracicaba, 1999. 90p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

JEFFRIES, P., DOOD, J.C., JEGER, M.J., PUMBLEY, R.A. The biology and control for Colletotrichum species on tropical fruit crops. *Plant Pathology*, Oxford, v. 39, p. 343-66, 1990.

JIN, L.E., JOON, Y.Y. Postharvest physiology and storage disorders affected by temperature and PE film thickness in 'Fuyu' persimmon fruit. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, v. 38, n. 5, p. 516-19, 1997.

JOON, Y.Y., JIN, C.S., HOO, L.C. Effect of exposure to elevated CO_2 atmospheres on fruit discoloration during cold storage of 'Fuyu' persimmon. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, v. 40, n. 3, p. 352-54, 1999.

KADER, A.A. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmospheres. *Food Technology*, Chicago, v. 34, n. 3, p. 51-4, 1980.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. *Food Technology*, Chicago, v. 40, n. 5, p. 99-103, 1986.

KADER, A.A. *Postharvest technology of horticultural crops.* 2 ed. Oakland: Division of Agricultural and Natural Resources, University of California, 1992. 296p.

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., ZHOU, L., KADER, A.A. Mode of oxigen and carbon dioxide action on strawberry ester biosynthesis. *Journal of the American Society for Horticultural Science,* Alexandria, v. 119, n. 5, p. 971-75, 1994.

LEE, S. K., SHIN, I. S., PARK, Y. M. Factors involved in skin browning of non-astringent 'Fuyu'. *Acta Horticulturae,* Wageningen, v. 343, p. 300-304, 1993.

LOUGHEED, E.C. Interactions of oxigen, carbon dioxide, temperature, and ethylene that may induce injuries in vegetables. *Hortscience,* Alexandria, v. 22, n. 5, p. 791-794, 1987.

LYON, B.G., SENTER, S.D., PAYNE, J.A. Quality characteristics of oriental persimmons (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu) grown in the Southeastern United States. *Journal of Food Science,* Chicago, v. 57, n. 3, p. 693-695, 1992.

MARTINS, F. P., PEREIRA, F. M. *Cultura do Caquizeiro.* Jaboticabal: FUNEP, 1989. 52p.

MATHOOKO, F.M. Regulation of respiration metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology,* Amsterdam, v. 9, p. 247-64, 1996a.

MATHOOKO, F.M. Regulation of ethylene biosynthesis in higher plants by carbon dioxide. *Postharvest Biology and Technology,* Amsterdam, v. 7, p. 1-26, 1996b.

MITCHAM, E.J., ATTIA, M.M., BIASI, W. Tolerance of 'Fuyu' persimmons to low oxygen and high carbon dioxide atmospheres for insect disinfestation. *Postharvest Biology and Technology,* Amsterdam, v. 10, p. 155-60, 1997.

MORI, E.E.M. *Métodos sensoriais e físicos para avaliação de alimentos e bebidas: princípios e aplicações.* Campinas: ITAL, 1982. 177p.

MOURA, M.A., LOPES, L.C., CARDOSO, A.A., MIRANDA, L.C.G. Efeito da embalagem e do armazenamento no amadurecimento do caqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* Brasília, v. 32, n. 11, p. 1105-09, 1997.

PARK, Y.S. Changes in the incidence of fruit skin blackening, phenolic acids, and ethanol production of non-astringent 'Fuyu' persimmons fruits during CA and MAP storage. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, . v. 40, n. 1, p. 83-7, 1999.

PARK, Y.S., TAEK, S.N., LEE, K.M. Effects of O_2 and CO_2 treatments within polyethylene film bags on the fruit quality of non-astringent Fuyu persimmon fruits during storage. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, v. 38, n. 5, p. 510-515, 1997.

PEKMEZCI, M., ERKAN, M., GÜBBÜK, H. The effects of harvest time, and method and duration of storage on quality of 'Hachiya' and 'Fuyu' persimmons. *Acta Horticulture*, Wageningen, n. 441, p. 279-286, 1997.

PENTEADO, S.R. *Fruticultura de Clima Temperado em São Paulo.* Campinas: Fundação Cargil, 1986. 173p.

PEREZ, A., BEN-ARIE, R., DINOOR, A., GENIZI, A., PRUSKY, D. Prevention of black spot disease in persimmon fruit by gibberellic acid and iprodione treatments. *Phytopathology*, St. Paul, v. 85, n.2, p. 221-5, 1995.

PESIS, E., BEN-ARIE, R. Involvement of acetaldehyde and ethanol accumulation during induced deastringency of persimmon fruits. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 49, p. 896-899, 1984.

PESIS, E., LEVI, A., BEN-ARIE, R. Deastringency of persimmon fruits by creating a modified atmosphere in polyethylene bags. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 51, n. 4, p. 1014-1016, 1986.

PRUSKY, D. Effect of relative humidity during mango growth on the incidence of quiscent infections of *Alternaria alternata. Plant Disease*, St. Paul, v. 77, n. 3, p. 249-52, 1993.

PRUSKY, D. Pathogen quiescence in postharvest diseases. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v. 34, p. 413-434, 1996.

PRUSKY, D., BEN-ARIE, R., GUELFAT-REICH, S. Etiology and histology of Alternaria rot of persimmon fruits. *Phytopathology*, St. Paul, v. 71, n. 11, p. 1124-28, 1981.

PRUSKY, D., PEREZ, A., ZUTKHI, Y., BEN-ARIE, R. Effect of modified atmosphere for control of black spot, caused by Alternaria alternata, on stored persimmon fruits. *Phytopathology*, St. Paul, v. 87, n. 2, p. 203-208, 1997.

REYS, A.A., SMITH, R.B. Controlled atmosphere effects on the pathogenicity of fungi on celery and on the growth of *Botrytis cinerea*. *HortScience*, Alexandria, v. 21, n. 5, p. 1167-69, 1986.

SALUNKHE, D. K., DESAI, B. B. Persimmon. In: ___. *Postharvest Biotechnology of fruits.* Boca Raton: CRC Press, v. 2, 1984. p. 105-9.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L., ALVES, R.M.V., OLIVEIRA, L.M., GOMES, T.C. *Embalagens com atmosfera modificada.* Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1996. 114 p.

SENTER, S. D., CHAPMAN, G. W., FORBUS, W. R., JR., PAYNE, J. A. Sugar and nonvolatile acid composition of persimmons during maturation. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 56, n. 4, p. 989-991, 1991.

SILVA, E.A.B.R. *Controle pós-colheita de* **Botrytis cinerea** *e* **Colletotrichum gloeosporioides** *em uva 'Itália' pelo uso de sachês de metabissulfito de sódio*. Botucatu, 1998. 88p. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

SMITH, S., GEESON, J., STOW, J. Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. *HortScience*, Alexandria, v. 22, n. 5, p. 772-6, 1987.

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

SOMMER, N.F. Postharvest handling practices and postharvest diseases of fruit. *Plant Disease*, St. Paul, v. 66, n. 5, p. 357-64, 1982.

TAYLOR, J.L. Exotics. In: SEYMOUR, G. B., TAYLOR, J. L., TUCKER, G. A. (Ed.). *Biochemistry of Fruit Ripening.* London: Chapman & Hall, 1993. p. 151-77.

TUITE, J. Plant pathological methods – fungi and bacteria. Mineapolis: Burgess Publishing Company, 1969. 239p.

TURK, R. The cold storage of persimmons (*Diospyros kaki* cv Fuyu) harvest at differnt maturities and the effect of different CO_2 applications on fruit ripening. *Acta Horticulturae*, Wageningen, v. 343, p. 190-194, 1993.

WANG, C.Y. Physiological and biochemical effects of controlled atmosphere on fruits and vegetables. In: CALDERON, M., BARKAI-GOLAN, R. *Food preservation by modified atmospheres*. Boca Raton: CRC Press, 1990. p. 197-223.

WEICHMANN, J. Low oxygen effects. In: ____. *Postharvest physiology of vegetables.* New York: Marcel Dekker, Inc., 1987. p. 231-37.

WELLS, J.M. Growth of *Rhizopus stolonifer* in low-oxygen atmosphere and production of pectic and cellulolytic enzimes. *Phytopathology*, St. Paul, v. 58, p. 1598-602, 1968.

WELLS, J.M., UOTA, M. Germination and growth of five fungi in low-oxygen and high-carbon dioxide atmospheres. *Phytopathology*, St. Paul, v. 60, p. 50-3, 1970.

WHEELER, D.R., PACKER, J.E., MAcRAE, E.A. Responses of 'Fuyu' persimmon to γ-irradiation. *HortScience*, Alexandria, v. 24, n. 4, p. 635-37, 1989.

WILLS, R.H.H., LEE, T.H., GRAHAM, D., McGLASSON, W.B., HALL, E.G. *Postharvest – an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables.* Kensington: New South Wales University Press, 1981. 161p.

WOOLF, A.B., BALL,S., SPOONER, K.J., LAY-YEE, M., FERGUSON, I.B., WATKINS, C.B, GUNSON, A., FORBES, S.K. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 11, p. 155-64, 1997.

YAHIA, E.M. Modified and controlled atmospheres for tropical fruits. *Horticultural Review*, Westport, v. 22, p. 123-83, 1998.

YAMAMURA, H., BESSHO, H., NAITO, R. Occurence of black stain on fruit skin (Black spots) in relation to growth and development of pericarp tissues in japanese persimmons. *Journal Japanese Society for Horticultural Science*, v. 53, n. 2, p. 155-20, 1984.

ZAGORY, D., KADER, A.A. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology*, Chicago, v. 42, n. 9, p. 70-77, 1988.

APÊNDICE

APÊNDICE 1. Dispositivo para misturar gases e controlar o fluxo (“Flowboard”).

FICHA DE ACEITABILIDADE

Provador: **Data:**

Avalie cada amostra usando as escalas abaixo para descrever se existe a presença de sabor e/ou odor estranho.

ODOR ESTRANHO

1 - Isento.
2 - Ligeiro.
3 - Moderado.
4 - Intenso.
5 - Muito intenso.

SABOR ESTRANHO

1. Isento.
2. Ligeiro.
3. Moderado.
4. Intenso.
5. Muito intenso.

NOTAS:

Número da Amostra	**Odor**	**Sabor**
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

APÊNDICE 2. Ficha de avaliação utilizada na análise sensorial de caqui ‘Fuyu’ (Experimento I).

FICHA DE ACEITABILIDADE

Provador: **Data:**

Avalie os seguintes atributos de caqui utilizando as escalas abaixo:

Odor estranho

isento intenso

Sabor estranho

isento intenso

Textura

mole extremamente firme

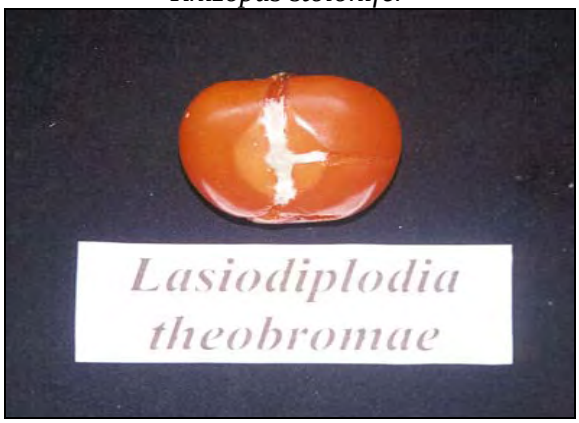
Qualidade global

péssimo ótimo

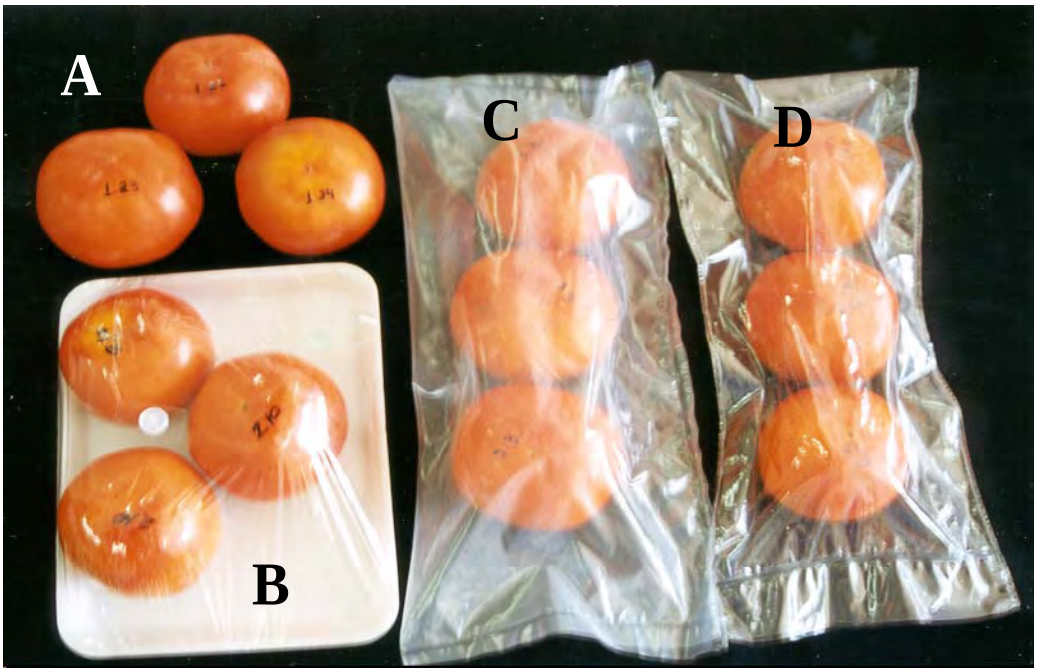
APÊNDICE 3. Ficha de avaliação utilizada na análise sensorial de caqui ‘Fuyu’ (Experimentos II e III).

APÊNDICE 4. Método de inoculação dos frutos, através de injeção subcuticular de suspensão conidial, com auxílio de seringa de cromatografia.

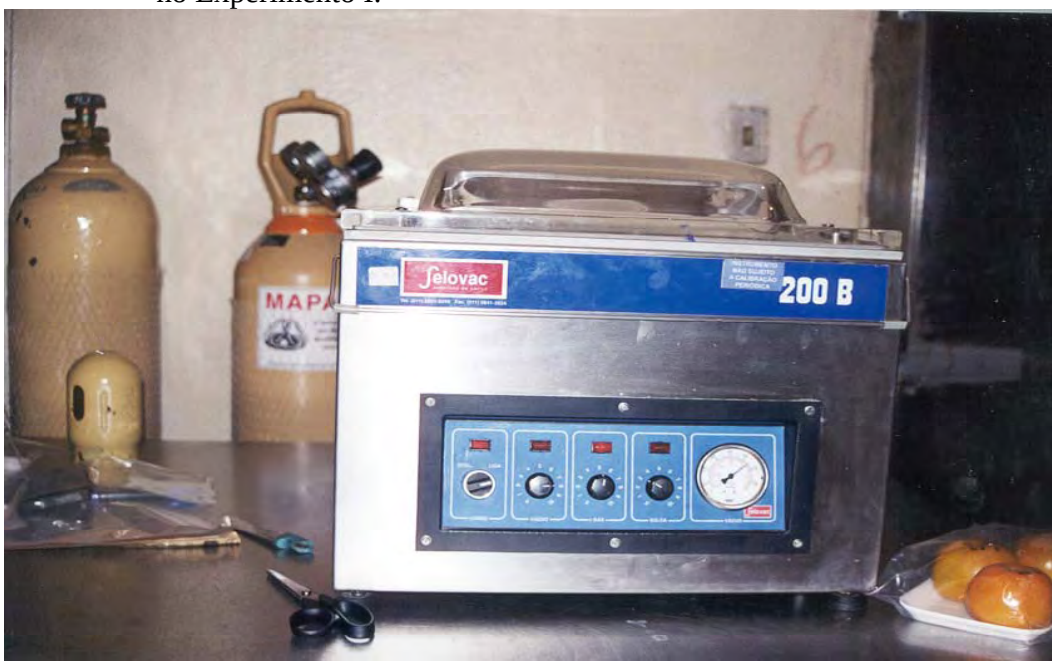
Rhizopus stolonifer



APÊNDICE 5. Sintomas da podridão de Rhizopus, de Lasiodiplodia, de Alternaria e Pestalotiopsis em caqui.



APÊNDICE 6. Embalagens utilizadas para o acondicionamento de caqui 'Fuyu'. A = Testemunha, B = PVC 12 μm, C = PEBD 80 μm, D = PO 63 μm, utilizadas no Experimento I.



APÊNDICE 7. Seladora para injeção de mistura gasosa.