



DANIELLA MOREIRA PINTO

**TECNOLOGIAS DE PÓS-COLHEITA EM
CAQUI 'FUYU'**

LAVRAS - MG

2010

DANIELLA MOREIRA PINTO

TECNOLOGIAS DE PÓS-COLHEITA EM CAQUI ‘FUYU’

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Prof. Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima

LAVRAS - MG

2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Pinto, Daniella Moreira.

Tecnologias de pós-colheita em caqui 'Fuyu' / Daniella Moreira
Pinto. – Lavras : UFLA, 2010.
163 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.
Orientador: Luiz Carlos de Oliveira Lima.
Bibliografia.

1. *Diospyros kaki* L. 2. Processamento mínimo. 3. 1-MCP. 4.
Irradiação. 5. Refrigeração. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

CDD – 664.80445

DANIELLA MOREIRA PINTO

TECNOLOGIAS DE PÓS-COLHEITA EM CAQUI ‘FUYU’

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Ciência dos Alimentos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 8 de julho de 2010.

Dr. Luís Roberto Batista	UFLA
Dra. Celeste Maria Patto de Abreu	UFLA
Dra. Andréa Luiza Ramos Pereira Xisto	UFLA
Dra. Ivana Aparecida Silveira	Unilavras

Dr. Luiz Carlos de Oliveira Lima
Orientador

LAVRAS - MG

2010

A minha filha Laura,

por me ensinar o que é a felicidade plena,

OFEREÇO.

Aos meus pais, José Marcos e Brina,

por sempre me incentivarem e confiarem nas minhas escolhas,
pelos esforços ilimitados para a minha formação pessoal e profissional.

Com amor, DEDICO!!

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus, por iluminar o meu caminho, pelas oportunidades oferecidas, pelos amigos, mas, sobretudo, pela certeza de que, com trabalho e seriedade, nenhum obstáculo é intransponível.

Aos meus queridos pais, José Marcos e Brina, exemplos de simplicidade, caráter, bondade e companheirismo. Agradeço imensamente por sempre terem me dado à oportunidade de estudar, por acreditarem no meu potencial e por apoiarem as minhas escolhas. Obrigada pelo carinho. Amo vocês!!

Aos meus irmãos, Marcos e Kelly, e minha filha Laura, pelo amor incondicional, carinho, apoio, confiança e por estarem sempre presentes na minha vida. A vocês, todo o meu amor, gratidão e respeito.

À pessoa que, como poucas, me conhece profundamente e foi capaz de transformar angústias em alegrias, tristezas em sorrisos e dúvidas em certezas. Luizinho, meu namorado e colega de doutorado, agradeço-lhe pelo auxílio em todas as etapas deste trabalho, pela compreensão, pelo companheirismo, pela paciência e, principalmente, pelo amor incondicional.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA), pela oportunidade e por disponibilizar a sua infraestrutura na realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, pelo apoio. Aos funcionários do Departamento de Ciência dos Alimentos, em especial, Tina, Sandra, Creuza, Cidinha e Sr. Miguel, que não apenas me ajudaram a resolver problemas práticos, mas que também foram verdadeiros amigos. À Lucilene, secretária da pós-graduação, pela paciência e pela disponibilidade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e à Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo suporte financeiro.

Ao meu orientador Prof. Luiz Carlos de Oliveira Lima, pela orientação, ensinamentos, dedicação e pela confiança depositada em mim.

Ao Prof. Mário César Guerreiro, pela disponibilidade, paciência e valiosos conselhos, além dos seus orientados Cleiton e Ana Paula, pela ajuda na realização das análises cromatográficas dos voláteis e açúcares da parede celular.

À Dra. Andréa Luiza Ramos Pereira Xisto e Dra. Juliana Audi Giannoni, pela amizade, força, companheirismo, incentivo e por estarem sempre dispostas a colaborar.

A minha eterna amiga Clarissa, pela amizade que construímos e por ter, mesmo de longe, contribuído significativamente com este trabalho.

Aos meus amigos Nélio e Júlia, pela valiosa amizade e agradável companhia na coleta dos frutos, montagem de experimentos e execução das análises.

A todos os colegas da UFLA, principalmente aqueles com quem formamos equipe, fizemos disciplinas ou simplesmente convivemos, em especial aos colegas do Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças, pela agradável convivência durante a realização deste trabalho: Heloisa, Ana Carla, Juliana Lima, Juliana Alvarenga, Rita, Marisa, Suzana, Camila, Mariana, Manu, Carol, Edson e André. A todos vocês, muito obrigado pelo carinho!!!!

Desculpem-me os que esqueci. É difícil não cometer omissões ou, mesmo, agradecer nominalmente a todos os que contribuíram, das formas mais diversas, para a realização deste trabalho.

Vocês foram essenciais nesta conquista!!!!!!!

RESUMO GERAL

O caqui (*Diospyros kaki* L.) cv. Fuyu, um dos mais cultivados e o de maior importância no mercado internacional, apresenta boas fontes nutricionais de vitaminas e minerais, sendo uma fruta atrativa por apresentar sabor adocicado e por ser consumida crocante. A maioria das ações implementadas, visando prolongar o período de conservação das frutas *in natura* e minimamente processadas, está baseada na redução da atividade metabólica e de microrganismos associados ao produto. Este trabalho foi realizado com os objetivos de avaliar as características físicas, químicas, bioquímicas e microbiológicas de caqui 'Fuyu' *in natura* submetida a diferentes doses de 1-MCP, verificar o potencial do fruto como produto minimamente processado utilizando a irradiação, além de analisar os frutos no intuito de verificar os compostos voláteis presentes. Os frutos foram colhidos na região de Barbacena, MG e selecionados de acordo com o grau de maturação, o tamanho, a cor e a ausência de injúrias e defeitos. Os frutos foram lavados com água corrente e detergente neutro e, posteriormente, foi realizado o processamento de acordo com cada objetivo. De acordo com os parâmetros físicos, químicos, bioquímicos e microbiológicos avaliados no caqui 'Fuyu', foi possível constatar que o tratamento com 1-MCP nos frutos *in natura* retardou o amadurecimento, aumentando sua vida útil por 20 dias, comprovando que o amadurecimento iniciou-se mais cedo nos frutos controles. A dose de 0,1 kGy foi eficiente em controlar o crescimento de microrganismos em caqui 'Fuyu' minimamente processado, sem prejudicar a qualidade dos frutos. Esses frutos prontos para o consumo encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente. As principais classes químicas dos compostos voláteis identificados na polpa do caqui *in natura* durante o armazenamento são os aldeídos, predominantes, seguidos de álcoois, ésteres e ácidos carboxílicos.

Palavras-chave: *Diospyros kaki* L. Processamento mínimo. 1-MCP. Irradiação.

GENERAL ABSTRACT

Persimmon (*Diospyros kaki* L) cv. Fuyu is one of the most cultivated and most important international market, has good nutritional sources of vitamins and minerals, fruit and a sweet taste attractive to present and be consumed crunchy. Most of the actions implemented in order to prolong the shelf life of fresh cut and in nature fruit, are based on the reduction of metabolic activity and microorganisms associated with the product. This study was conducted to evaluate the physical, chemical, biochemical and microbiological characteristics of persimmon 'Fuyu' in nature at different levels of 1-MCP, to investigate the potential of the fruit fresh cut product using irradiation, in addition to analyzing the fruits with the intuitive understanding of verifying the volatile compounds present. The fruits were harvested in the area of Barbacena - MG and selected in accordance with the degree of maturity, size, color and absence of injuries and defects. Were washed with water and detergent with later processing according to each goal. According to the physical, chemical, biochemical and microbiological evaluated in persimmon 'Fuyu' it was established that treatment with 1-MCP on fresh fruit slowed ripening and increasing shelf life by 20 days, indicating that ripening- sooner if the fruits controls. The dose of 0.1 kGy was effective in controlling the growth of microorganisms in persimmon 'Fuyu' fresh cut without impairing fruit quality. These fruits are ready for consumption within the standards set by law. The main chemical classes of volatile compounds identified in the pulp of fresh persimmon during storage are aldehydes, which are predominant, followed by alcohols, esters and carboxylic acids.

Keywords: *Diospyros kaki* L. Fresh cut. 1-MCP. Irradiacion.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 Introdução geral.....	11
1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	Caqui: origem e produção mundial	14
2.1.1	Características gerais	16
2.1.2	Valor nutricional	19
2.1.3	Cultivar ‘Fuyu’	21
2.2	Métodos de conservação e prolongamento da vida útil	22
2.2.1	Refrigeração	23
2.2.2	1-Metilciclopropeno (1-MCP)	26
2.2.3	Irradiação	29
2.3	Processamento mínimo: características gerais	33
2.3.1	Aspectos microbiológicos	39
2.4	Compostos voláteis	42
	REFERÊNCIAS	45
	CAPÍTULO 2 Amadurecimento de caqui ‘Fuyu’ submetido ao 1-metilciclopropeno (1-MCP) e armazenado sob refrigeração.....	59
1	INTRODUÇÃO	62
2	MATERIAL E MÉTODOS	64
2.1	Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento ...	64
2.2	Análises realizadas no fruto	65
2.2.1	Perda de massa	65
2.2.2	Coloração	66
2.2.3	Firmeza	66
2.2.4	pH, sólidos solúveis e acidez titulável	66
2.2.5	Açúcares totais	67
2.2.6	Pectina solúvel	67
2.2.7	Vitamina C	67
2.2.8	Atividade antioxidante total	67
2.3	Determinação dos constituintes da parede celular	67
2.3.1	Extração da parede celular	67
2.3.2	Determinação de poliuronídeos	68
2.3.3	Determinação de celulose	68
2.3.4	Determinação de hemicelulose	68
2.3.5	Derivatização de açúcares neutros da parede celular	69
2.3.6	Cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas ..	69
2.4	Análise estatística	70
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	71

3.1	Perda de massa.....	71
3.2	Valor L* e a*.....	72
3.3	pH e acidez titulável.....	75
3.4	Sólidos solúveis e açúcares totais.....	77
3.5	Firmeza e pectina solúvel.....	79
3.6	Vitamina C e atividade antioxidante total.....	82
3.7	Parede celular.....	85
4	CONCLUSÃO.....	91
	REFERÊNCIAS.....	92
	CAPÍTULO 3 Irradiação de caqui ‘Fuyu’ minimamente processado.....	98
1	INTRODUÇÃO.....	101
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	104
2.1	Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento....	104
2.2	Análises microbiológicas.....	105
2.2.1	Preparo das amostras.....	105
2.2.2	Quantificação de coliformes a 35 e 45°C.....	106
2.2.3	Determinação de <i>Salmonella</i> sp.....	106
2.2.4	Quantificação de fungos filamentosos e leveduras.....	107
2.2.5	Quantificação de microrganismos aeróbios psicrotróficos.....	107
2.3	Análise físicas e químicas.....	107
2.3.1	Preparo das amostras.....	107
2.3.1.1	Perda de massa.....	108
2.3.1.2	Coloração (Valor L* e a*).....	108
2.3.1.3	Firmeza.....	108
2.3.1.4	pH, sólidos solúveis e acidez titulável.....	109
2.3.1.5	Vitamina C.....	109
2.3.1.6	Atividade antioxidante total.....	109
2.3.1.7	Carotenoides totais.....	110
2.4	Análises estatística.....	111
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	112
3.1	Análises microbiológicas.....	112
3.2	Análises físicas e químicas.....	117
3.2.1	Perda de massa.....	117
3.2.2	Valor L* e a*.....	118
3.2.3	pH, sólidos solúveis e acidez titulável.....	120
3.2.4	Firmeza.....	123
3.2.5	Vitamina C, atividade antioxidante total e carotenoides totais..	124
4	CONCLUSÃO.....	128
	REFERÊNCIAS.....	129
	CAPÍTULO 4 Perfil volátil de caqui ‘Fuyu’ in natura ao longo do armazenamento.....	135

1	INTRODUÇÃO.....	138
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	140
2.1	Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento....	140
2.2	Determinação de compostos voláteis.....	141
2.2.1	Extração dos compostos voláteis.....	141
2.2.2	Identificação dos compostos voláteis.....	142
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	144
4	CONCLUSÃO.....	150
	REFERÊNCIAS.....	151
	APÊNDICES.....	154

CAPÍTULO 1

Introdução geral

1 INTRODUÇÃO GERAL

O consumo de frutas e hortaliças tem aumentado cada vez mais, devido ao fato de apresentarem boas fontes nutricionais, principalmente vitaminas, fibras e minerais. A mudança nos padrões de consumo de alimentos tem levado ao maior consumo de frutas e hortaliças, em detrimento dos produtos industrializados.

Rico em vitaminas e minerais, o caqui é um fruto popular em todo o mundo, principalmente pela aparência, sabor e aroma agradáveis. É rico em vitaminas A, B e C, além de concentrar minerais e ácido málico, que desempenha papel importante no organismo humano, favorecendo a absorção de ferro, o que faz com esse fruto seja bastante consumido.

O caquizeiro é originário do continente asiático, onde é cultivado, há séculos, principalmente na China e Japão. Atualmente, está presente em praticamente todos os países de clima subtropical e temperado. Há cerca de duzentas cultivares de caqui, dentre as que são plantadas no Brasil, destaca-se a 'Fuyu', promissora em termos de mercado, pois produz frutos variando de 150 a 250g, de polpa amarelo-avermelhada, não adstringente, sem sementes e com coloração da epiderme que varia de amarelo-esverdeada a avermelhada, sabor adocicado e crocante.

A maioria das ações implementadas, visando prolongar o período de conservação das frutas *in natura* e minimamente processadas, baseia-se na redução da atividade metabólica e de microrganismos deterioradores associados ao produto. Tratamentos com refrigeração, irradiação e 1-metilciclopropeno (1-MCP) têm sido utilizados para preservar a qualidade do caqui 'Fuyu' e aumentar o seu período de conservação. Uma técnica bastante promissora para estimular o consumo do caqui 'Fuyu' é o processamento mínimo.

Com isso, torna-se necessário estudar o efeito e a adaptação dessas técnicas na conservação do fruto, visando minimizar perdas pós-colheita, prolongar sua vida de prateleira e estimular o consumo de frutas e hortaliças no dia-a-dia dos consumidores.

No primeiro capítulo deste trabalho apresentam-se uma revisão de literatura sobre o caqui, um relato sobre uma das principais técnicas utilizadas para aumentar a vida útil desse fruto, a aplicação de 1-MCP, as técnicas de agregação de valor com o processamento mínimo, assim como é abordada a importância das análises físicas, químicas e microbiológicas na manutenção da qualidade dos frutos.

No segundo capítulo, faz-se o estudo do efeito de diferentes doses de 1-MCP na qualidade de caqui 'Fuyu' *in natura* armazenado sob refrigeração, por meio das análises físicas e químicas, no intuito de verificar a melhor dose adaptada para prolongar a vida útil desse fruto.

No terceiro capítulo enfatiza-se o processamento mínimo do caqui submetido a diferentes doses de irradiação. Entretanto, há que se considerar que o processamento mínimo, que envolve o descascamento e o corte do vegetal, reduz sua vida útil, aumentando a suscetibilidade aos microrganismos. Com isso, torna-se necessário verificar a qualidade física, química e, principalmente, microbiológica deste produto.

No quarto e último capítulo, buscou-se verificar a influência do tempo de armazenamento na qualidade do caqui 'Fuyu' sobre o perfil volátil, uma vez que esse fruto apresenta aroma característico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caqui: origem e produção mundial

O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas. Em 2004, a produção superou os 38 milhões de toneladas, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2004). Em 2004, as exportações de frutas frescas atingiram cerca de 850 mil toneladas, gerando receita superior a US\$ 370 milhões (ROCHA; BENATO, 2006).

Dentre as frutas que merecem destaque no mercado nacional, encontra-se o caqui. O caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) pertence à família das Ebenáceas e é originário do continente asiático, onde é cultivado há séculos (GONÇALVES et al., 2006). Originou-se das regiões montanhosas da China Central e do leste do país, onde era encontrada em estado selvagem. Seu cultivo iniciou-se no final do século XII, depois de ser levado para a Coreia e Japão, sendo, neste último país, uma das principais frutas cultivadas.

A introdução do caquizeiro como árvore frutífera, nos países ocidentais com condições climáticas e edáficas semelhantes, se deu no século XIX, inicialmente, nos Estados Unidos e, a seguir, na França, Espanha e Itália (PARK et al., 2004). Com o passar do tempo, durante séculos, espalhou-se pelos cinco continentes. O caqui cresceu em seu hábitat em estado silvestre desde os tempos imemoriais (PARK et al., 2004). Atualmente, está presente em praticamente todos os países de clima subtropical e temperado (GONÇALVES et al., 2006).

Segundo dados da Food Agricultural Organization - FAO (2007), a produção mundial de caqui, em 2005, foi de 2,5 milhões de toneladas. A China é o maior produtor (1,7 milhão de toneladas), seguida pelo Japão (270 mil toneladas) e Coreia do Sul (250 mil toneladas). O Brasil (158,1 mil toneladas) ocupa o quarto lugar no ranking mundial.

O caqui é um fruto subtropical cuja cultura vem despertando grande interesse, tendo em vista os elevados rendimentos que tem proporcionando aos produtores (SARRIA, 1998). Chegou ao Brasil onde se aclimatou muito bem e passou a frutificar ainda melhor do que em seus países de origem, tornando-se importante produto de exploração comercial (NICOLETI, 2005).

O caquizeiro adaptou-se perfeitamente às condições climáticas brasileiras, por ser uma planta rústica, vigorosa e produtiva, que apresenta menores problemas de produção que as outras frutíferas, como pragas e doenças, sobretudo as de clima temperado. A produção mundial de caqui atinge valores consideráveis, de 162.288 toneladas, ocupando área calculada em 8.134 hectares (ROCHA; BENATO, 2006).

No Brasil, o caquizeiro entrou pela primeira vez em São Paulo por volta do ano de 1880, mas a expansão da cultura só se deu a partir de 1920, com a chegada de fruticultores japoneses, que trouxeram outras variedades e o domínio da produção (SATO; ASSUMPÇÃO, 2002). Hoje, o caquizeiro é cultivado principalmente nas regiões sudeste e sul, sendo o estado de São Paulo responsável pela maior produção.

Segundo o IBGE (2004), a cultura do caqui ocupou área de 7,5 mil ha. O estado de São Paulo é o maior produtor de caqui do país e o volume vem crescendo substancialmente nos últimos anos, atendendo tanto ao mercado interno como a exportação, em plena expansão. O estado responde por, aproximadamente, 58% da produção nacional, atingindo em torno de 89,8 mil t em 4,1 mil ha.

No Brasil, o estado de São Paulo ocupa área de 3,610 ha, seguido pelo Paraná, com 1,472 há; Rio Grande do Sul, com 1,232 ha e Santa Catarina, com cerca de 500 ha (BRACKMANN, 2003; SATO; ASSUMPÇÃO, 2002). Essa expansão tem se dado, principalmente, pela boa adaptação edafoclimática,

rusticidade e produtividade do caquizeiro. Além disso, associa-se o fato de que esta espécie requer poucos tratamentos fitossanitários (GIRARDI et al., 2003).

Na década de 1990, a área cultivada com esta espécie praticamente dobrou, porém, a demanda de mercado não acompanhou esse incremento. Isso gera a necessidade de se estabelecer condições de manejo na pré-colheita, na colheita e no armazenamento, para ampliar o período de colheita e de armazenamento dessa fruta (FERRI et al., 2007).

O interesse pela cultura encontra justificativa, além de sua perfeita adaptação às nossas condições ecológicas, pelo fato de ser o caqui uma fruta de grande agrado popular e, também, de ser o caquizeiro uma planta rústica, vigorosa e produtiva, cuja produção apresenta menores problemas que a de outras frutíferas, sobretudo as de clima temperado (MARTINS; PEREIRA, 1989).

A produção de caqui se destina, na sua quase totalidade, ao consumo como fruta fresca, no mercado interno, para onde é enviada em diversos tipos de embalagem (COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - CEAGESP, 2006).

2.1.1 Características gerais

O caqui reúne duzentas espécies de valor frutífero, ornamental e floral e cerca de oitocentas variedades. O *Diospyros kaki* L. é uma das espécies mais apreciadas pela quantidade de frutos, e seu nome vem do grego *dios* = deus e *pyrus* = alimentos, ou seja, alimentos dos deuses. O caquizeiro é a espécie de maior interesse comercial na fruticultura entre as aproximadamente duzentas espécies do gênero *Diospyros* que produzem frutos comestíveis (GOMES, 1987).

As variedades de caquizeiro foram separadas de acordo com as características físico-químicas e propriedades sensoriais, com a finalidade de facilitar os estudos, pois o número de variedades e híbridos é muito grande (SATO; ASSUMPCÃO, 2002).

Existem inúmeras variedades cultivadas no mundo e, atualmente, há também uma série de híbridos. Para maior facilidade de estudos, as variedades foram reunidas em três grupos, cada um apresentando características físico-químicas e sensoriais próprias (GALVANI et al., 2006). São elas:

- . sibugaki, ou taninosos, são variedades sempre taninosas, quer tenham semente ou não. A polpa é sempre amarela. Para a comercialização, os frutos precisam ser tratados, para retirar o sabor adstringente. As principais variedades são Taubaté, Pomelo, Rubi, Coração-de-Boi e Regina, ente outras;

- . amagaki, ou doces, são variedades sempre doces (não taninosas), quer apresentem semente ou não. A polpa também é sempre amarela e firme. Os frutos não precisam de destanização. São também chamadas variedades de frutos doces ou duros. Entre as principais variedades estão Fuyu, Fuyuhana, Jirô, Fuyugaki, etc.;

- . variáveis – reúne as variedades cujos frutos alteram sua composição e cor, caso possuam ou não sementes. Incluem-se aqui as variedades taninosas de polpa amarelada, quando não têm sementes. Por outro lado, eles são taninosos, parcial ou totalmente, quando possuem poucas ou muitas sementes. Neste caso, com muitas sementes, a polpa é de coloração pardo-escura, tipo chocolate. Quando são poucas sementes, a coloração chocolate só aparece em torno delas. As principais variedades são: Rama Forte, Giombo, Chocolate etc,

As frutas se apresentam sob diversas formas, podendo ser ovoides, globosas, quadráticas, achatadas, tronco de cone e outras formas que podem variar, segundo a cultivar. A cor da casca, quando madura, varia de amarelo a vermelha e a polpa que, geralmente, é amarelada, em certos casos, pode variar

em função da presença ou não de sementes. A fruta verde tem coloração verde-oliva e é rica em tanino, que proporciona a adstringência na fruta (MARTINS; PEREIRA, 1989).

O caqui é uma fruta climatérica, amadurecendo, portanto, após a colheita. Pode ser dividido em dois grandes grupos: aqueles que não mudam a cor da polpa quando polinizados (PC) e aqueles que possuem a polpa clara quando sem sementes (não polinizados) e escura, quando com semente (polinizado) (PV) (BENATO; SIGRIST; ROCHA, 2006).

Os caquis são perecíveis, tendo um potencial pós-colheita relativamente curto (15 a 30 dias) em câmaras frias sob refrigeração, que consiste no sistema de estocagem de frutas predominante na região sul do país. Essa perecibilidade deve-se, em grande parte, à alta sensibilidade do caqui ao etileno exógeno, apesar de o produzirem em quantidades muito pequenas (GIRARDI et al., 2003).

A colheita dos frutos é feita quando eles perdem a coloração verde e adquirem tonalidade amarelo-avermelhada. A época de colheita varia em função das condições climáticas, das cultivares e dos tratamentos culturais, estendendo-se de fevereiro a junho. Nas regiões de clima mais quente, a safra é mais precoce, assim como, em regiões mais frias, a safra é mais tardia (GUIMARÃES, 2007).

Como consequência desta sazonalidade, há marcante variação de preços, tanto para o produtor quanto para o consumidor. Após uma significativa queda nos valores de comercialização desta fruta no segundo trimestre do ano, a partir do mês de julho os preços aumentam, atingindo, em alguns casos, incremento de até 300%. Entretanto, um dos pontos de estrangulamento da cadeia produtiva está na dificuldade para manter a qualidade das frutas até esta época (BRACKMANN et al., 1997).

2.1.2 Valor nutricional

Qualquer que seja a cultivar considerada, o fruto do caquizeiro é quase só polpa. De aparência gelatinosa e fria, apresenta boas quantidades de vitaminas e minerais (PARK et al., 2004). A fruta, quando verde, tem coloração verde oliva e é rica em tanino, o que proporciona a adstringência da fruta. Com a maturação ocorre a despolimerização desses taninos devido à ação de acetaldeídos, transformando-os em açúcares, ou são consumidos durante a respiração (GALVANI; EIDAM; AYALA, 2006).

Quando maduro, não apresenta acidez (TODA FRUTA, 2009). Segundo Fonseca (1973 citado por FAGUNDES, 2004), o caqui é classificado como um fruto de baixa acidez, apresentando acidez total titulável, em ácido málico, em torno de 0,16% a 0,23%.

Do ponto de vista nutricional, o caqui é de alta digestibilidade e, por ser rico em caroteno (vitamina A), vitamina C e sais minerais, além de apresentar elevado teor de potássio, assemelha-se à banana. Dois a três caquis médios suprem a necessidade diária de vitamina A de uma pessoa adulta. É indicado contra as afecções do fígado, transtornos intestinais e enfermidades das vias respiratórias (TODA FRUTA, 2009). Além disso, pesquisas evidenciam efeito benéfico no controle dos níveis de colesterol (GORINSTEIN; ZEMSER; HARUENKIT, 1999).

O caqui é fonte de cálcio, fósforo e sódio e contém também vitaminas hidrossolúveis B₁ e B₂ (CORSATO, 2004). É uma fruta saborosa, que atende a diversos tipos de paladares, de acordo com a variedade consumida. Apresenta, em sua composição, baixo teor de lipídeos e proteínas. É considerado alcalinizante, antioxidante, estomáquico, fortificante, laxante e nutritivo (GUIMARÃES, 2007).

A polpa do caqui é constituída, basicamente, de mucilagem e pectina, responsáveis pela aparência característica da fruta (PARK et al., 2004). O conteúdo de açúcares totais no caqui varia de 10,2% a 19,6%, em frutos de cultivares taninosas e de 10,1% a 16,7%, em frutos de cultivares doces, superando, nesse quesito, o da maioria das frutas de consumo popular (BENATO; SIGRIST; ROCHA, 2006; CORSATO, 2004).

É considerada uma fruta calórica, contendo, aproximadamente, 78 kcal por 100 g e 17% de carboidratos, superando os valores encontrados para a maioria das frutas de consumo popular. Além disso, é rica em fibras (VASCONCELOS, 2000). Na Tabela 1 observa-se a composição química da porção comestível do caqui.

Tabela 1 Teores nutricionais encontrados em 100g da polpa de caqui.

Elemento	
Calorias (kcal)	78
Umidade (%)	81,49
Gordura (g)	0,1
Proteínas (g)	0,33
Fibras (g)	2,6
Cinzas (g)	0,37
Carboidratos (g)	17,2
Cálcio (mg)	6,0
Fósforo (mg)	26,0
Ferro (mg)	0,3
Vitamina A (mg)	250
Vitamina B1(mg)	0,05
Vitamina B2(mg)	0,05

Fonte: Guia... (1998) e Universidade de São Paulo - USP (1998)

A composição das frutas frescas pode variar em função da cultivar, da fertilidade do solo, do grau de maturação, da porção do fruto, etc. Quanto ao aspecto qualitativo, é uma fruta rica em elementos nutritivos e muito saborosa (PARK et al., 2004).

2.1.3 Cultivar Fuyu

A ‘Fuyu’ é uma das principais cultivares de caqui exploradas comercialmente e, no Brasil, sua produção está em expansão, principalmente nas regiões sul e sudeste. A cultivar é promissora, em termos de mercado, produzindo caquis com forma arredondada e grandes, atingindo peso médio de 240 g. No estágio imaturo, sua casca tem coloração verde (Figura 1A) e, quando madura, ela adquire coloração amarelada no início e laranja intenso em estágio mais avançado de maturidade (Figura 1B) (MATOS; SOUZA, 2004).

É a cultivar de caquizeiro mais plantado no Brasil (JOÃO et al., 2002). Produz frutos sem sementes (Figura 1C), de polpa branco-amarelada, com sabor adocicado, sem adstringência, com baixa acidez e epiderme amarelo-avermelhada (FERRI et al., 2002b).



Figura 1 Aspectos do caqui ‘Fuyu’ verde (A), maduro (B) e coloração da polpa sem sementes (C).

O período de colheita e oferta desta fruta ainda é relativamente curto, aproximadamente 60 dias, nos meses de maio e junho. Neste período, a oferta é elevada e, conseqüentemente, os preços de comercialização são reduzidos e as perdas pós-colheita elevadas (DONAZZOLO; BRACKMANN, 2002; FERRI et al., 2002a).

O acelerado processo de amadurecimento do caqui reduz o período de armazenamento, por conseguinte limita a comercialização da fruta fresca (NEVES et al., 2001). O armazenamento sob refrigeração tem sido aplicado para ampliar o período de oferta e minimizar a sazonalidade dos preços de caqui.

O principal destino da produção nacional de caqui 'Fuyu' é o mercado interno, porém, existe grande potencialidade para exportação, em virtude da contra estação no hemisfério norte.

As principais limitações do armazenamento prolongado do caqui 'Fuyu' são o rápido amolecimento, o escurecimento da casca e a ocorrência de danos pelo frio, que prejudicam a aceitação pelos consumidores e, em consequência, a manutenção do fluxo exportador (BRACKMANN et al., 2006).

2.2 Métodos de conservação e prolongamento da vida útil

O fundamento básico da manutenção das características de qualidade e do prolongamento da vida útil está na conscientização de que as diferentes partes dos vegetais são vivas, não só quando ainda estão presas à planta-mãe, mas também após a colheita. Como tal respiram e as transformações metabólicas decorrentes desse processo conduzem ao envelhecimento e à morte do tecido, com consequências drásticas, se não forem aplicadas tecnologias adequadas para a redução desses processos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Nenhum dos métodos de conservação utilizados após a colheita é capaz de melhorar a qualidade da fruta, mas podem, sim, ser eficazes na manutenção. Portanto, para se levar uma fruta com boa aparência e sabor agradável ao consumidor, todo o processo de produção da mesma deve ser cuidadoso. A técnica utilizada, juntamente com a colheita no estágio de maturação adequado, o manuseio minimizando injúrias, reduzindo a contaminação por microrganismos e a conservação sob temperatura e umidade relativa adequadas

são fatores importantes para a manutenção pós-colheita. Deve-se ter em mente que o produto ao qual será aplicada qualquer tecnologia de pós-colheita deve apresentar ótima qualidade (MOLINARI, 2007).

Logo, as principais causas de deterioração dos alimentos são de origem microbiana, química e enzimática. Essas reações ocorrem de acordo com certas condições próprias do alimento (composição do alimento e atividade de água) e em decorrência de fatores externos, como temperatura, presença ou ausência de oxigênio e luz. Os processos de preservação dos alimentos baseiam-se, justamente, na combinação adequada de certas condições, de forma a tornar e ou manter as condições intrínsecas e extrínsecas desfavoráveis à degradação dos alimentos.

2.2.1 Refrigeração

A refrigeração tem sido a técnica pós-colheita mais utilizada para a preservação de frutas frescas, considerando que ela reduz o metabolismo, diminui a perda de massa, retarda o desenvolvimento de patógenos causadores de podridões e atrasa a senescência (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A baixa temperatura é o fator que mais reduz o metabolismo dos frutos durante o período pós-colheita e, por isso, pode ser considerado o fator mais importante na manutenção da qualidade dos mesmos (CHITARRA; CHITARRA, 2005), pois reduz a atividade de várias enzimas responsáveis pelo amolecimento do fruto (LUO et al., 2001). Porém, somente o controle da temperatura não é suficiente para prolongar a vida pós-colheita, sendo necessária a utilização de métodos integrados (LANA; FINGER, 2000; RESENDE; VILAS-BOAS; CHITARRA, 2001).

A refrigeração é o método mais econômico para o armazenamento prolongado de frutas e hortaliças frescas. Os demais métodos de controle de

amadurecimento são utilizados como complemento da refrigeração (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Após a colheita, os vegetais continuam seu metabolismo respiratório, consumindo, entretanto, suas próprias reservas, o que leva à sua deterioração.

De acordo com a Lei de Vant' Hoff (Q10), para cada aumento de 10°C na temperatura existe um aumento de duas a três vezes na velocidade das reações metabólicas do produto vegetal, incluindo a respiração (WILLS et al., 1999). Dentro da variação fisiológica de cada espécie, a taxa respiratória, normalmente, aumenta com a elevação da temperatura, principalmente na faixa de 5° a 20°C (WILLS et al., 1999). Acima de 30°C, a taxa respiratória começa a diminuir, ocorrendo a morte do produto por altas temperaturas, pois elas afetam diretamente os processos vitais, como respiração, produção de etileno e perda de massa (HARDENBURG; WATADA; WANG, 1986).

A temperatura é um dos fatores de maior influência na respiração, havendo um valor ideal para a manutenção de cada tipo de produto vegetal para que esse alcance maior vida útil com o máximo de qualidade comestível. Temperaturas inferiores ou superiores não são satisfatórias, podendo acarretar desordens fisiológicas. Para que ocorra aumento na vida útil de um vegetal com a manutenção da sua qualidade, é de extrema importância o uso de baixas temperaturas. Contudo, deve-se obedecer a um limite mínimo de temperatura suportado por esses vegetais, ou seja, a temperatura mínima de segurança. Frutos como banana, abóbora, pepino e tomate têm temperatura ótima de armazenamento em torno de 11°C e, abaixo desse valor, pode acarretar desordens pelo frio. Ao contrário, certas cultivares de pera e maçã podem suportar longos períodos de armazenamento a 0°C (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SARGENT; CROCKER; ZOELLNER, 1993).

O armazenamento em câmara fria é um dos processos mais conhecidos para se prolongar a vida útil de frutos, entre eles, os tropicais. Entretanto, esses

são mais susceptíveis ao frio, desenvolvendo sintomas de “chilling” quando armazenados abaixo da sua temperatura de segurança (AWAD, 1993). Os principais sintomas resultantes dessa injúria são: diminuição de doçura, aroma e sabor da polpa, casca opaca, manchas marrons na casca, maturação irregular e susceptibilidade à deterioração por fungos (YAMASHITA, 1995).

O período de conservação do caqui depende do grau de maturação dos frutos, da cultivar e das condições de temperatura e de umidade relativa observadas na câmara fria (INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC, 1980).

De acordo com trabalhos visando à conservação de caquis em atmosfera refrigerada, recomendam-se temperaturas de armazenamento entre $-0,5^{\circ}$ e $+0,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa entre 85% e 90% (BRACKMANN; STEFFENS; MAZARO, 1999). Nessas condições, dependendo da cultivar, das condições edafoclimáticas, do manejo e das condições de colheita, o armazenamento seguro pode alcançar até 30 dias (FERRI; ROMBALDI, 2004).

O caqui ‘Fuyu’ colhido em estágio mais avançado de maturação, isto é, com a casca totalmente alaranjada, pode ser conservada à temperatura de 0°C e 5°C , durante 45 e 37 dias, respectivamente (SIGRIST, 2000). Frutas em estágio de maturação mais avançado apresentam menor suscetibilidade ao dano pelo frio.

Baixa temperatura, se mal utilizada, pode provocar injúrias causadas pelo frio (SARGENT; CROCKER; ZOELLNER, 1993). Estes mesmos autores verificaram que a curva de incidência de dano pelo frio é descrita como uma parábola e a maior incidência ocorre na temperatura de 5°C .

Dessa forma, para a conservação por curtos períodos, a temperatura de 20°C é a mais recomendada, no entanto, acelera a maturação. Para uma conservação mais prolongada, os autores indicam uma temperatura situada em torno de 0°C , pois, nessas condições de armazenamento, não se detectaram

danos pelo frio. Crisoto, Mitcham e Kader (2004) também encontraram maior suscetibilidade de dano pelo frio em caqui 'Fuyu' na faixa de temperatura entre 5° e 15°C.

A temperatura de armazenamento de caqui, por longos períodos de 2 a 6 meses, é citada entre uma faixa que vai desde -1° a 2°C (BRACKMANN et al., 1997; DONAZZOLO, 2001; TESTONI; BELLINI; GIORDANI, 2001). É importante mencionar, porém, que a temperatura de armazenamento pode variar de acordo com a cultivar. Para a 'Fuyu', observou-se que temperatura de -0,5°C mantém os frutos com qualidade superior em relação àqueles armazenados a 0,5°C (BRACKMANN et al., 1997).

2.2.2 1 Metilciclopropeno (1-MCP)

Uma estratégia para o controle da produção de etileno e, portanto, do amadurecimento e da senescência das frutas, principalmente aquelas consideradas climatéricas, surgiu com a descoberta e a comercialização de um inibidor da ação do etileno, o 1-metilciclopropeno (1-MCP) (WATKINS, 2006).

Para um grande número de produtos hortícolas, a capacidade de manipular o amadurecimento e a senescência é um dos fatores críticos para a conservação da qualidade e a garantia de vida útil compatível com as necessidades de tempo para transporte, distribuição, comercialização e consumo. O etileno (C₂H₄) é um hormônio vegetal que desencadeia o amadurecimento em frutas climatéricas e a senescência em frutas não climatéricas, hortaliças e ornamentais (HOFFMAN et al., 2001). Em geral, o etileno é produzido no fruto quando a maturidade fisiológica é atingida, colocando em funcionamento mudanças químicas, como ocorre no amadurecimento (ABELES; MORGAN; SALTVEIT, 1992; KENDE, 1993).

Um dos maiores avanços recentes da tecnologia pós-colheita foi, sem dúvida, a possibilidade de utilização comercial do 1-metilciclopropeno (1-MCP). O 1-MCP é um composto volátil, com estrutura relativamente semelhante à do etileno, se apresenta como potente inibidor da ação desse hormônio vegetal (SEREK; SISLER; REID, 1995).

O 1-MCP tem sido avaliado como uma alternativa viável no prolongamento da vida pós-colheita e na manutenção da qualidade de produtos vegetais (BLANKENSHIP; DOLE, 2003). Watkins (2002) resumiu o efeito do 1-MCP em frutos e como estando relacionado com a fisiologia do etileno. Em condições normais, o etileno se liga a uma molécula receptora, provavelmente uma proteína de membrana, onde surgem as respostas que desencadeiam processos associados ao amadurecimento de frutos climatéricos.

A ligação do etileno ao receptor sugere o encaixe de uma chave a uma fechadura, considerando-se o etileno como chave e o receptor como a fechadura. Quando o etileno se liga ao receptor, é como se a fechadura destravasse e a porta abrisse. Com isso, é desencadeada uma cascata de reações associadas à qualidade e à vida pós-colheita dos frutos. O 1-MCP também é hábil em se ligar ao receptor de etileno. Ele também age como chave que se acopla na fechadura, mas não é capaz de destravá-la e abrir a porta. Quando o 1-MCP está ocupando o sítio receptor, é impossível para o etileno se ligar a ele. É dessa forma que o 1-MCP atua como inibidor da ação do etileno em vegetais (WATKINS, 2002).

Acredita-se que o 1-MCP liga-se permanentemente aos sítios receptores do etileno presentes nas células vegetais no momento da aplicação do produto e que o retorno da sensibilidade destes vegetais ao etileno seja devido à síntese de novos sítios receptores (BLANKENSHIP; DOLE, 2003).

O 1-MCP foi aprovado pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, em 1999, para uso em plantas ornamentais e foi comercializado com o nome de EthylBloc, pela Floripe, Inc (Walterboro, SC). A Agrofresh, Inc., uma

subsidiária da Rohm and Haas (Springhouse, PA), subsequentemente desenvolveu o 1-MCP para comercialização com nome de SmartFresh para uso específico em produtos vegetais comestíveis. O 1-MCP apresenta um modo de ação não tóxico, não residual e é ativo a baixas concentrações (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA, 2002). A partir de 2005, o registro para a utilização em frutas e hortaliças deste químico tem sido obtido em vários países. De acordo com a Portaria nº 354, de 11 de agosto de 2006, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA (2006), o 1-MCP foi liberado para utilização no Brasil, em diferentes plantas ornamentais e frutos.

Considerando-se a dificuldade de se manipular gases, o 1-MCP é encontrado na formulação em pó, o qual, em contato com a água, libera o produto. Ele deve ser aplicado em ambiente fechado, contêineres ou câmaras hermeticamente fechadas contendo os frutos. A concentração de 1-MCP necessária para apresentar efeito no bloqueio da ação do etileno varia conforme a espécie, a cultivar, o estágio de maturação, a temperatura de exposição (RUPASINGUE; MURR; PALIYATH, 2000), a interação concentração x tempo de exposição e a produção de novos receptores de etileno (WATKINS, 2002). Em muitos estudos, o 1-MCP tem sido aplicado à temperatura na faixa de 20°-25°C e com tempo de aplicação variando de 6 a 24 horas.

Em estudos realizados com o 1-MCP foi demonstrado que doses baixíssimas desse produto retardaram a senescência de flores cortadas e de plantas envasadas. Algumas pesquisas evidenciam que o 1-MCP pode suprimir a produção de etileno e, com isso, retardar o amadurecimento de muitos frutos como goiaba (KLUGE; JACOMINO; CASTRO, 2000), maçã (RUPASINGHE; MURR; PALIYATH, 2000; WATKINS, 2002), banana (HARRIS; SEBERRY; WILLS, 2000; PINHEIRO; VILAS-BOAS; MESQUITA, 2005, 2007; VILAS-BOAS; KADER, 2001, 2006), damasco (FAN; ARGENTA; MATTHEIS,

2000), abacate (FENG; APELBAUM; SISLER, 2000) e brócoli (FAN; ARGENTA; MATTHEIS, 2000).

Girardi et al. (2003) verificaram a qualidade do caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP e constataram que a dosagem de 312 nL.L⁻¹ foi suficiente para manter a firmeza da polpa por um período de até 90 dias de armazenamento refrigerado a 0°C. Após 90 dias, as frutas de todos os tratamentos não apresentavam condições de consumo e comercialização.

Brackmann et al. (2003) avaliaram o efeito do 1-MCP na dosagem de 1000 nL.L⁻¹ em caqui 'Quioto', em diferentes épocas, durante o armazenamento a -0,5°C e em atmosfera modificada, por um período de 2 meses. Estes autores verificaram que a aplicação, tanto no início do armazenamento como no final, proporcionou maior firmeza da polpa.

2.2.3 Irradiação

A irradiação de alimentos tem recebido atenção crescente nas últimas décadas em todo o mundo, devido às vantagens que apresenta em relação aos métodos convencionais de processamento (VERRUMA-BERNARDI; SPOTO, 2003). As autoridades de vigilância sanitária e de segurança alimentar de 38 países aprovaram a radiação de mais de 100 itens ou grupo de alimentos que abrangem especiarias, grãos, carne de frango, frutas e hortaliças. Vinte e cinco destes países utilizam esse processo com fins comerciais (FAO, 2006).

A irradiação de alimentos é o tratamento por meio de um determinado tipo de energia. O processo consiste em submeter o produto, já embalado ou a granel, a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante, por um tempo prefixado, com objetivos bem determinados. A irradiação pode impedir a divisão de células vivas, tais como bactérias e células de organismos superiores, ao alterar suas estruturas moleculares, além de inibir a maturação de

algumas frutas e legumes, ao produzir reações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos vegetais (GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS - GCIIA, 1999).

O uso de radiação como meio de segurança e conservação dos alimentos tem se mostrado importante para órgãos governamentais, instituições de pesquisas e empresas privadas de todo o mundo. O interesse em tecnologias que venham favorecer o aumento das exportações das frutas brasileiras tem sido encarado como um meio de abertura de novas oportunidades para esse setor que, embora venha alcançando bons resultados nos últimos anos, tem muito a percorrer para competir com outros países exportadores (SILVA, 2005).

Na irradiação dos alimentos utiliza-se, principalmente, como fonte de radiação gama, o isótopo do cobalto-60, obtido pelo bombardeamento com nêutrons do metal cobalto-59 em um reator nuclear. Outros tipos de irradiações também podem ser aplicados com raios X e elétrons acelerados, contudo, o cobalto-60 é o mais utilizado comercialmente em todo o mundo por sua disponibilidade e custo, por se apresentar na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando, com isso, maior segurança ambiental (EHLERMANN, 1990).

Segundo Vieites (1998), no processo de irradiação de alimentos, apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer contaminação radioativa. As doses de irradiação são quantificadas em termos de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de um gray (Gy) corresponde à absorção de um joule por quilograma. As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0,1 e 7,0 kGy.

A irradiação como um processo físico não deixa resíduo, preservando os alimentos sólidos, inibindo brotamento e amadurecimento, reduzindo podridões e microrganismos patogênicos, infestação de parasitas e insetos. Geralmente, doses de 2,0 kGy reduzem o número de bactérias de 3 a 4 ciclos logaritmos e

leveduras de 1 a 2 ciclos logaritmos (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA, 2006).

A técnica de irradiação tem uma série de vantagens, entre elas a extensão da vida útil do produto. Trata-se de um processo físico e não químico, portanto, não deixa resíduos, preserva alimentos sólidos da mesma forma que a pasteurização, preserva produtos líquidos, inibe brotamentos e amadurecimento, reduz podridões e microrganismos patogênicos, infestação de parasitas e insetos e não altera a temperatura natural do produto. A irradiação gama a baixas doses tem sido apresentada como incremento da vida pós-colheita de muitos frutos, causando retardo dos processos de amadurecimento e senescência (VIEITES, 1998).

Gladon et al. (1997) comentam que o uso da irradiação para produtos alimentícios tem vantagens em relação às formas convencionais de preservação. Uma delas é que a irradiação pode ser realizada após a embalagem do produto e isso reduz a oportunidade de contaminação posterior do alimento. Estes autores dividem as doses de radiação em três classes: alta (>10 kGy), média (1 a 10 kGy) e baixa (< 1 kGy). Com as doses altas, o produto é esterelizado. Com as doses médias, ocorre pasteurização, efeito que permite estender a vida de prateleira, devido à destruição total ou à redução no número de muitos patógenos e outros microrganismos. Com as doses baixas, os produtos são desinfestados de insetos e outras formas superiores de vida, e o amadurecimento de frutas e vegetais pode ser atrasado.

No entanto, esta prática não irá resolver os problemas de deterioração pós-colheita dos produtos frescos. Ela deve ser considerada como possível suplemento à refrigeração e como outro procedimento de tecnologia pós-colheita que visa reduzir as perdas pós-colheitas em frutas e hortaliças.

Os produtos submetidos à irradiação devem conter no rótulo a informação sobre o método de conservação. Em 1986, foram aprovados os

requisitos iniciais de rotulagem pela Food and Drug Administration (FDA). O rótulo deve apresentar o símbolo da radura e informações como “tratados com radiação” ou “tratados por irradiação”. Foi permitida ao fabricante a adição da frase que descreve o propósito primário do tratamento, como tratado com radiação para controle de deterioração (ANDRESS; DELAPLANE, 2007).

Alimento irradiado foi definido, pelo Decreto-Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969, como sendo todo alimento que tenha sido intencionalmente submetido à ação de radiações ionizantes, com a finalidade de preservá-lo ou para outros fins lícitos, obedecidas às normas que vierem a ser elaboradas pelo órgão competente do Ministério da Saúde (BRASIL, 1969).

No Decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973, foram estabelecidas as normas gerais sobre a irradiação de alimentos, dentre elas: segurança para o consumidor; efeitos da irradiação sobre a qualidade nutricional do alimento, em comparação com as perdas de nutrientes sofridas pelo tratamento do alimento por processos convencionais; sanidade do alimento irradiado e a eficiência da irradiação para a finalidade que se pretende atingir (BRASIL, 1973).

A Portaria nº 09 DINAL/MS, de 8 de março de 1985, estabeleceu os tipos de alimentos que podem ser irradiados, bem como as doses médias de radiação. A Portaria nº 30, de 25 de setembro de 1989, em complementação da Portaria nº 09, determinou o limite superior de irradiação de 10 KGy e incluiu as frutas. Essas portarias foram revogadas em 2001 (BRASIL, 2001).

A legislação vigente é a de 26 de janeiro de 2001. Foi aprovada, pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a Resolução RDC nº 21, que instituiu o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, que tem o objetivo de estabelecer os requisitos gerais para o uso da irradiação de alimentos, com vistas à qualidade sanitária do produto final. Este regulamento se aplica a todos os alimentos tratados por irradiação. Consta na legislação que todo alimento poderá ser irradiado com qualquer dose, desde que a dose mínima

atinja o efeito desejado para determinado propósito e a dose máxima não prejudique a qualidade sensorial e nutricional do produto tratado (BRASIL, 2001).

Várias pesquisas estão sendo realizadas no intuito de verificar se doses de irradiação aplicada em frutos aumentam a vida útil, controlam a qualidade microbiológica e preservam as características nutricionais e sensoriais dos mesmos. Innocenzo e Lajolo (2001) aplicaram diferentes doses de irradiação em mamão e verificaram perda de firmeza mais lenta nos mamões irradiados a 0,5 kGy. Isso ocorreu porque foi observado aumento na atividade das enzimas pectinesterase, poligalacturonase e betagalactosidase, ao longo do amadurecimento.

Molinari (2007) estudou o efeito da irradiação em mamão 'Golden' com doses de 0,4, 0,7 kGy e testemunha, observando que a melhor dose estudada foi a de 0,4 kGy, por atingir um período de vida útil de 35 dias. Portanto, este é o tratamento recomendado para os mamões 'Golden' destinados à exportação para países com restrições quarentenárias para a mosca-das-frutas.

Arthur e Arthur (2000) verificaram a aplicação de irradiação até 1 kGy no intuito de prolongar a vida útil de caqui e constataram que a dose de 0,2 kGy foi a que mais prolongou a vida útil de caquis irradiados.

2.3 Processamento mínimo: características gerais

O mercado brasileiro de frutas e hortaliças está passando, atualmente, por profundas alterações, provocadas pela estabilização da economia e por mudanças nos hábitos dos consumidores. Essas mudanças têm ocorrido nas últimas décadas, devido à crescente busca da população por uma alimentação mais saudável, por meio do consumo de frutas e hortaliças frescas com qualidade (VANETTI, 2000). Essa nova tendência, aliada ao uso de novas

tecnologias na indústria de alimentos, permitiu uma demanda crescente de alimentos mais convenientes e frescos, que sejam menos processados e prontos para o consumo: os produtos minimamente processados (MATTIUZ; DURIGAN; SARZI, 2003).

Essa tecnologia emergente visa satisfazer à necessidade do consumo de frutas e hortaliças frescas, saudáveis e com qualidade nutricional, sensorial e microbiológica (VANETTI, 2000).

Segundo a International Fresh-Cut Produce Association - IFPA (2009), produtos minimamente processados são definidos como qualquer fruta ou hortaliça ou, ainda, qualquer combinação delas, que foi alterada fisicamente a partir de sua forma original, embora mantenha o seu estado fresco. Independentemente do tipo, esse produto é selecionado, lavado, descascado e cortado, resultando num produto 100% aproveitável que, posteriormente, é embalado ou pré-embalado.

O produto minimamente processado oferece ao consumidor praticidade e economia de tempo, por não ser necessário preparo subsequente; é fornecido em quantidades ideais a cada consumidor e permite a visualização da qualidade da polpa por meio da embalagem, além de gerar pequena quantidade de resíduos, já que vem sem casca, caroço ou sementes. De acordo com dados do Ministério da Integração Nacional, apresentados por Souza (2000), a praticidade é o fator mais importante para 66,3% dos consumidores de produtos minimamente processados. Mas, o fator limitante ao aumento do seu consumo é o preço que, em média, é cerca de 180% superior ao das mesmas frutas e hortaliças vendidas a granel.

O processamento mínimo é um segmento da indústria de horticultura que vem apresentando crescente participação no mercado de produtos frescos, desde a sua introdução nos Estados Unidos da América (EUA), há 30 anos, e no mercado francês, no início de 1980 (CENCI, 2000). Em 1997, a venda desses

produtos, nos EUA, alcançaram 8 bilhões, com previsão de crescimento (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2000). As indústrias de produtos minimamente processados aumentaram de 6 bilhões, em 1996, para 20 bilhões, em 2002, ou seja, triplicaram em cinco anos (DURIGAN, 2004).

Na Espanha, a comercialização desse tipo de produto cresceu 20% em 2005, alcançando produção de 40.000 toneladas, movimentando, aproximadamente, 180 milhões de euros (LOBO; GONZÁLEZ, 2006).

No Brasil, este nicho de mercado começou a ser explorado em 1994 e em apenas um ano cresceu 58,9% em volume consumido no varejo do país. Em 1996, movimentou cerca de 400 milhões em venda (CHITARRA, 2000).

O consumo de frutas e hortaliças minimamente processadas (MP) tem aumentado no cenário mundial. Nos EUA, a indústria do setor movimenta valores da ordem de 10-12 bilhões de dólares por ano e, segundo as estatísticas, o comércio desses produtos é responsável por aproximadamente 10% do volume total de frutas e hortaliças comercializadas na forma fresca naquele país, projetando-se, para os próximos 10 anos, algo em torno de 20% (IFPA, 2009).

O mercado para frutas e hortaliças minimamente processadas é extremamente dinâmico e a cada ano surgem novidades. As saladas oferecidas no mercado norte-americano de hoje lembram muito pouco as que eram comercializadas há cinco ou dez anos. O “mix” de frutas e hortaliças, que era o principal destaque nos EUA no ano de 2004, já está ultrapassado e, atualmente, as empresas estão oferecendo grande variedade de saladas de folhosas com kits combinados com tomate-cereja, torradas (“croutons”) e molhos variados (MORETTI, 2008). Ainda segundo Moretti (2008), verifica-se, no mercado norte-americano, a partir de 2007, com consolidação constatada em 2008, uma nova tendência para o processamento mínimo: saladas combinadas com ingredientes de origem animal. Assim, é comum encontrar, nas gôndolas de muitos supermercados, saladas mistas de alface, tomate e rúcula com kits

completos com fiambre de peru e ovos cozidos, além de bacon e queijo. Dentre os produtos hortícolas MP mais encontrados no mercado nacional, atualmente, estão a cenoura lavada e ralada, a couve picada, o pimentão lavado e cortado, o alho descascado, a abóbora picada sem casca e sementes, o feijão de corda debulhado e o feijão-vagem lavado e cortado (FREIRE JÚNIOR, 2008).

Embora o processamento seja mínimo e a tecnologia aparentemente simples, há uma série de cuidados para que os produtos minimamente processados apresentem o frescor esperado, sejam seguros para a saúde e tenham vida útil comercialmente viável.

Produtos minimamente processados são altamente perecíveis devido à exposição de seus tecidos internos, causando aceleração no seu metabolismo em decorrência da referida alteração física. A combinação de tecido injuriado e aceleração no metabolismo contribui grandemente para a perda de qualidade do produto, afetando, conseqüentemente, sua vida útil (DELIZA, 2000).

O conhecimento existente até o momento, no que tange à fisiologia e aos requerimentos de manuseio pós-colheita, indica que os produtos minimamente processados se comportam de maneira distinta e, portanto, devem ser manuseados de maneira diferente das frutas intactas (BRECHT; SALTVEIT; TALCOTT, 2004).

Esse tipo de processamento, envolvendo descascamento, fatiamento, corte ou retalhamento, difere do processamento tradicional, uma vez que os tecidos permanecem viáveis durante o subsequente manuseio. Este comportamento inclui aumento na respiração e na produção de etileno e, em alguns casos, a indução do processo de cicatrização do ferimento. Outras conseqüências do ferimento são químicas ou físicas, tais como reações de escurecimento oxidativo e oxidação de lipídeos, ou aumento da perda de água (BRECHT, 1995).

O rompimento da membrana celular, ocasionado pelo corte, possibilita o extravasamento do conteúdo intracelular e, dessa forma, enzimas e substratos entram em contato direto, ativando o sistema gerador de etileno, estimulando a sua síntese (etileno estresse). A elevação da produção de etileno causa o aumento da respiração dos tecidos. Em decorrência do aumento da atividade respiratória, há um decréscimo nas reservas energéticas dos tecidos. Os principais substratos utilizados na obtenção de energia são os açúcares livres e os ácidos orgânicos e a redução na concentração dos mesmos reflete nas perdas das características de sabor do produto (CHITARRA, 2000).

A taxa respiratória destes produtos é aumentada de 3 a 7 vezes em relação ao tecido intacto, o que se traduz em rápido consumo de oxigênio dentro da embalagem (PORTE; MAIA, 2001). Aumentos na respiração, com ocorrência na primeira hora após o processamento, têm sido relatados, por diversos autores, em melões (DURIGAN; SARGENT, 1999), abacaxis (SARZI et al., 2001b), mamões (SARZI et al., 2001a), mangas (SOUZA et al., 2003) e goiabas (MATTIUZ; DURIGAN; SARZI, 2001).

O escurecimento ocorre na superfície do corte como um resultado da perda de compartimentação quando as células são quebradas, levando os substratos e as oxidases a entrarem em contato. O corte também induz a síntese de algumas enzimas envolvidas nas reações de escurecimento e biossíntese de substrato (JACOMINO et al., 2004).

Por meio da ação de enzimas denominadas oxigenases, mais conhecidas como polifenoloxidasas, há a formação de quinonas que se polimerizam produzindo as melaninas, compostos de coloração marrom. Essas enzimas têm o cobre como grupo prostético e se distinguem devido aos seus substratos específicos, como a tirosinase e a catecolase. Para que ocorra o escurecimento, é necessário, então, que os três componentes, enzima, substrato e oxigênio, atuem em conjunto (AHVENAINE, 1996).

A perda de firmeza desses produtos é decorrente, principalmente, das modificações na estrutura e na composição da parede celular. O amaciamento, notado com o amadurecimento natural, é um fenômeno que já está em andamento e é acelerado com as condições do processamento (WATADA et al., 1990). A ação de numerosas enzimas, entre as quais pectinases (pectinametilesterase e poligalacturonase), celulases e β galactosidases, inicia a maioria das mudanças texturais indesejáveis, degradando a parede celular (ROLLE; CHISM, 1987).

Para a maioria dos vegetais, o amaciamento torna-se aparente e o produto é considerado impróprio quando a perda de umidade atinge entre 4% e 8% (CARVALHO, 1999).

As taxas de respiração e deterioração de frutas e hortaliças minimamente processadas podem ser minimizadas pela rápida redução da temperatura do produto antes do processamento e pelo uso de baixas temperaturas durante o processamento e o armazenamento (CANTWELL, 2000).

A utilização de baixas temperaturas durante o armazenamento mostrou ser efetiva na redução da taxa respiratória de frutas e hortaliças minimamente processadas (DAMIANI et al., 2008; NUNES et al., 2009; PINHEIRO et al., 2005; VILAS-BOAS, 2004). O armazenamento refrigerado é o principal responsável por reduzir os processos metabólicos e retardar os efeitos prejudiciais causados pelo corte, durante o processamento mínimo.

Não obstante, a vida útil de frutos minimamente processados, como o caqui, pode ser estendida, desde que técnicas adequadas de conservação, compatíveis com o produto a ser armazenado, sejam adotadas. O frio e a manipulação atmosférica, aliados à qualidade inicial do produto, têm sido utilizados com sucesso na manutenção dessa qualidade e na extensão da vida útil de frutos intactos e minimamente processados (VILAS-BOAS, 2004).

2.3.1 Aspectos microbiológicos

A qualidade microbiológica dos produtos minimamente processados está relacionada à presença de microrganismos deteriorantes, que irão influenciar as alterações sensoriais do produto durante a sua vida útil. Contudo, a maior preocupação está relacionada à sua segurança, não apresentando contaminação por agentes químicos, físicos e microbiológicos em concentrações prejudiciais à saúde (VANETTI, 2004).

Frutas e hortaliças apresentam microbiota natural, que provém do ambiente, influenciada pela estrutura da planta, pelas técnicas de cultivo, além do processamento, transporte e armazenamento. No entanto, durante o processamento, a preservação, a embalagem, a distribuição e a comercialização, têm ocorrido alterações microbiológicas responsáveis pelo aumento do número de surtos ou infecções causadas por patógenos veiculados por vegetais (BRUNO et al., 2005).

A contaminação ocorre, principalmente, durante as operações de corte e fatiamento, quando patógenos presentes na superfície da matéria-prima ou nas mãos dos manipuladores passam para o produto (ROSA; CARVALHO, 2000).

Pesquisas sobre a qualidade microbiológicas de frutas e hortaliças minimamente processadas comercializadas no Brasil têm demonstrado que a qualidade não é satisfatória, devido, principalmente, ao uso de matéria-prima sem qualidade, à sanificação inadequada dos produtos e às más condições higiênico-sanitárias do ambiente de processamento e dos manipuladores (PAULA et al., 2009; PINTO et al., 2006; ROSA et al., 2004).

Para Brackett (1987), a microbiologia é um importante fator na qualidade de produtos minimamente processadas. Microrganismos podem afetar adversamente a qualidade sensorial e a segurança desses produtos. O cuidado com esses produtos deve ser significativamente maior, pois, ao contrário de

produtos enlatados e congelados, esse tipo de produto é consumido *in natura*, o que aumenta os riscos para o consumidor.

Segundo Brackett (1987), os frutos e hortaliças *in natura* intactos são protegidos da invasão microbiana pela casca, podendo ser esperada a conservação de sua qualidade por muito mais tempo que em frutos e vegetais injuriados, como é o caso dos produtos minimamente processados. Vários motivos determinam maior perecibilidade dos frutos e hortaliças minimamente processados, dentre eles: o tecido interno é exposto à contaminação por qualquer microrganismo que se encontre no tecido vegetal; o corte libera nutrientes em forma de suco, estimulando o rápido crescimento microbiano, aumentando assim, a população dos microrganismos presentes e, finalmente, a manipulação envolvida no corte irá introduzir grande e variado número de microrganismos. Abrigando grande e diversa população de microrganismos, os produtos minimamente processados contêm microrganismos deteriorantes que podem se multiplicar rapidamente durante o armazenamento e, eventualmente, podem conter microrganismos patogênicos ao homem (NGUYEN-THE; CARLIN, 1994).

A grande dificuldade que se tem é que ainda não existe uma legislação específica para vegetais minimamente processados (NASCIMENTO; MOLICA; MORAES, 2000). A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), pela Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001, estabelece, para frutas frescas, *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, limite máximo de 5×10^2 NMP/g (2,7 ciclos log) para coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25 g do produto (BRASIL, 2001), que podem servir como referência para os produtos minimamente processados.

Apesar de todo o crescimento verificado no setor de produtos minimamente processados no país, nos últimos anos, é crescente o relato de

doenças infecciosas associadas ao seu consumo, principalmente frutas e hortaliças (ANDRADE; BASTOS; ANTUNES, 2004), o que tem despertado o interesse de agências regulatórias, como a ANVISA e de órgãos de defesa dos direitos dos consumidores, como o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (IDEC).

Em matéria intitulada “Verdura pronta para o consumo é reprovada”, veiculada no jornal Folha de São Paulo do mês de maio de 2004, foram apresentados dados fornecidos pelo IDEC referentes à pesquisa conduzida naquela mesma época. Segundo a matéria, de 25 amostras de hortaliças minimamente processadas das principais marcas, coletadas em 11 estabelecimentos comerciais de São Paulo e da grande região do ABC Paulista, em 9 foram encontrados índices de coliformes fecais acima dos limites determinados pelo Ministério da Saúde, segundo a RDC nº12 de 02 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

Medidas preventivas precisam ser adotadas para minimizar a contaminação dos produtos em toda a cadeia produtiva. A implantação das Boas Práticas Agrícolas (BPA), responsáveis pela obtenção de matéria-prima de qualidade, das Boas Práticas de Fabricação (BPF), imprescindíveis para uma boa qualidade do produto final e do programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) é fundamental para o conhecimento e a prevenção da contaminação e do crescimento microbiano em produtos minimamente processados, diminuindo os riscos à saúde dos consumidores (BOARI; PICCOLI, 2008).

A irradiação também é considerada um processo que pode prevenir essa contaminação, já que mantém as características de frescor dos vegetais. É uma tecnologia que aumenta a vida útil e melhora a qualidade higiênica dos alimentos, pois reduz a população de microrganismos (LABUZA; BREENE, 1989).

Pelo exposto, verifica-se que o processamento mínimo não assegura a ausência de microrganismos patogênicos e deteriorantes, mas que existem medidas que podem ser tomadas, no intuito de minimizar a ocorrência desses tipos de microrganismos que, muitas vezes, podem causar sérios danos à saúde humana.

2.4 Compostos voláteis

O sabor dos frutos é uma resposta integrada às sensações do gosto e aroma, estando diretamente relacionado com a aceitação e a escolha de um produto alimentício. A percepção do gosto deve-se à presença de compostos não voláteis, tais como açúcares, ácidos orgânicos, terpenoides e fenólicos e sais minerais, causando as sensações basicamente descritas como doce, ácido, amargo e salgado, respectivamente. A sensação do aroma é mais abrangente e envolve de centenas a milhares de substâncias voláteis (RIU-AUMATEL et al., 2004; THOMAZINI; FRANCO, 2000).

O aroma é o conjunto de sensações do olfato, estimuladas pelos componentes voláteis que, em conjunto, conferem as características específicas a cada produto. Embora presentes em concentrações muito baixas, os compostos orgânicos voláteis formados durante as transformações bioquímicas da maturação são responsáveis pelo aroma típico e têm grande importância na aceitação dos produtos hortícolas, notadamente das frutas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O conhecimento científico dos compostos voláteis responsáveis pelo sabor característico das frutas justifica-se pela sua importância na sua qualidade e na de seus produtos. Além disso, aportam as peculiaridades de aroma de um alimento, característica bem intensa e marcante nos frutos. O aroma típico dos alimentos resulta da combinação de dezenas de substâncias voláteis de diversas

classes químicas (GARRUTI et al., 2001), tais como ésteres, lactonas, álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas, acetais, hidrocarbonetos, alguns fenóis, éteres e compostos heterocíclicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

No caso das frutas, o aroma é uma das características mais apreciadas, entretanto, é extremamente sensível às alterações da composição química (IBÁÑEZ et al., 1998). Os compostos voláteis que formam o sabor característico das frutas são produzidos por meio de rotas metabólicas durante a maturação, a colheita, a pós-colheita e o armazenamento e dependem de muitos fatores como a espécie, a variedade e o tipo de tratamento tecnológico utilizado (RIZZOLO; POLESELLO; POLESELLO, 1992). Assim, é importante conhecer o padrão cromatográfico dos voláteis dos produtos frescos, pois tal conhecimento torna possível identificar as alterações desses compostos, produzidos durante o armazenamento (SHAMAILA et al., 1992).

Diferentes métodos têm sido utilizados para análises dos compostos voláteis. Os mais utilizados para extração e pré-concentração são técnicas de análises do *headspace* (MACKU; JENNINGS, 1987), *purg-and-trap* (MISZCZAK; FORNEY; PRANGE, 1995), extração líquido-líquido (KOK; YONG; LIM, 1987) e extração-destilação simultânea (BLANCHE et al., 1991). Os métodos baseados no uso dos solventes apresentam sérios problemas, como a possibilidade de contaminação da amostra, a perda de analitos durante o processo de concentração e problemas relacionados com o uso de grandes quantidades de solventes orgânicos. Já as técnicas de análise do *headspace* e *purg-and-trap* são simples, menos trabalhosas e especialmente livres de solventes. Entretanto, esses métodos apresentam algumas desvantagens, como o risco de contaminação cruzada e o uso de altas razões de fluxo, que podem ser incompatíveis com operações online, principalmente quando o CG-MS estiver sendo usado com colunas capilares.

Um novo método de preparação da amostra para extração de compostos orgânicos, a microextração de fase sólida (SPME), é uma técnica livre de solventes, rápida e versátil. A técnica integra amostragem, extração e concentração numa única etapa praticamente livre de solventes e utiliza uma pequena fibra de sílica fundida, coberta com um filme polimérico, adaptada em um dispositivo semelhante a uma seringa (YONAMINE, 2004).

Esse método tem sido bastante utilizado por pesquisadores para análise de compostos voláteis em frutos como framboesas, morangos, amoras, bananas e manga (IBÁÑEZ et al., 1998).

REFERÊNCIAS

- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. **Ethylene in plant biology**. 2. ed. San Diego: Academic, 1992. 414 p.
- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Portaria n. 354**, de 11 de agosto de 2006. Aprova e promulga o Regimento Interno da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília, 2006. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/base/visadoc/CP/CP%5B17161-1-0%5D.PDF>>. Acesso em: 10 mar. 2009.
- AHVENAINEM, R. New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v. 7, n. 6, p. 179-187, June 1996.
- ANDRADE, N.; BASTOS, M. S. R.; ANTUNES, M. A. Higiene e sanitização de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 299-342.
- ANDRESS, E.; DELAPLANE, K. **Food irradiation**. Athens: University of Georgia, 2007. Disponível em: <<http://www.fcs.uga.edu/exts/pubs/html/FDNS-E-3.html>>. Acesso em: 10 jan. 2010.
- ARTHUR, V.; ARTHUR, P. B. Conservação pós-colheita de caqui (*Diospyros kaki*) pela radiação gama do cobalto-60. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, n. 67, p. 123-145, 2000.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.
- BENATO, E. A.; SIGRIST, J. M. M.; ROCHA, P. **Manuseio, aspectos fitossanitários e logística de caqui pós-colheita**. São Paulo: Toda Fruta, 1995. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br/todafruta/institucional.asp?menu=174>>. Acesso em: 13 fev. 2006.
- BLANCH, G. P. et al. A comparison of different extraction methods for the volatile components of grape fruit. **Journal of Chromatography Science**, Danvers, v. 29, n. 24, p. 11-15, Sept. 1991.

BLANKENSHIP, S. M.; DOLE, J. M. 1-methylcyclopropene: a review. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 1-25, Apr. 2003.

BOARI, C. A.; PICCOLI, R. H. O sistema de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) no contexto da gestão de segurança de alimentos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 71-79.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 195-206, June 1987.

BRACKMANN, A. A produção, o consumo e a qualidade do caqui no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, 2003. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v12n2/artigo12.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2009.

BRACKMANN, A. et al. Aplicação de 1 MCP em caqui “Quioto” armazenado sob refrigeração e atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 42-44, abr. 2003.

_____. Condições de armazenamento de caqui ‘Fuyu’. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 183-186, abr./jun. 2006.

_____. Frigoconservação de caquis (*Diospyrus kaki*, L.) das cultivares Fuyu e Rama Forte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 561-566, jul./ago. 1997.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C. A.; MAZARO, S. M. Armazenamento de caquis (*Diospyros kaki*, L.), cv. Fuyu, em condições de atmosfera modificada e controlada. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 42-46, mar./abr. 1999.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Decreto lei n. 986**, de 21 de outubro de 1969. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. Brasília, 1969. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/legis/consolidada/decreto-lei_986_69pdf>. Acesso em: 12 fev. 2010.

_____. **Decreto n. 72.718**, de 29 de agosto de 1973. Estabelece normas gerais sobre irradiação em alimentos. Brasília, 1973. Disponível em: <<http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=25>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

_____. **Resolução RDC n. 12**, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/resolucoes/>>. Acesso em: 12 fev. 2010.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits e vegetables. **Hortscience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, Jan. 1995.

BRECHT, J. K.; SALTVEIT, M. E.; TALCOTT, S. T. Alterações metabólicas em frutas e hortaliças minimamente processadas. In: MORETTI, C. L. (Ed.). **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2004. p. 41-77.

BRUNO, L. M. et al. Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processados comercializados em Fortaleza (CE). **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 1, p. 75-84, jan./jul. 2005.

CANTWELL, M. The dynamic fresh-cut sector of the horticultural industry. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. 1 CD-ROM.

CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba 'Kumagai'**. 1999. 118 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CENCI, S. A. Pesquisa em processamento mínimo de hortaliças no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: EMBRAPA Hortaliças, 2000. p. 110-116.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p. (Textos Acadêmicos).

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Boletim anual**. São Paulo: Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2006. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br>>. Acesso em: 9 ago. 2006.

CORSATO, C. E. **Fenologia e carboidratos de reserva do caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) “Rama Forte” em clima tropical**. 2004. 42 p. Tese (Doutorado em Horticultura) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

CRISOSTO, C. H.; MITCHAM, E. J.; KADER, A. A. Persimmons: recommendations for maintaining postharvest quality. **Acta Horticulturae Sinica**, Beijing, v. 28, n. 6, p. 554-556, Dec. 2001.

DAMIANI, C. et al. Influência de diferentes temperaturas na manutenção da qualidade de pequi minimamente processado. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 203-212, jan./fev. 2008.

DELIZA, R. Importância da qualidade sensorial em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. 1 CD-ROM.

DONAZZOLO, J. **Efeito da temperatura e CO₂ no armazenamento em atmosfera controlada sobre a qualidade de caqui cvs. Fuyu e Quioto**. 2001. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2001.

DONAZZOLO, J.; BRACKMANN, A. Armazenamento de caqui (*Diospyros kaki*, L.) cv. Quioto, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 323-327, 2002.

DURIGAN, J. F. O. Panorama do processamento mínimo de frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. 1 CD-ROM.

DURIGAN, J. F. O.; SARGENT, S. A. Uso do melão Cantaloupe na produção de produtos minimamente processados. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 10, p. 69-77, 1999. Disponível em: <<http://200.145.71.150/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/766/652>>. Acesso em: 10 dez. 2009.

EHLERMANN, D. A. Food irradiation. In: SPIESS, W. E. L.; SCHUBERT, H. (Ed.). **Engineering and food: preservation processes and related techniques**. London: Elsevier Applied Science, 1990. v. 2, p. 760-773.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Federal register environmental documents**. Washington, 2002. 5 p.

FAGUNDES, A. F. **Avaliação da aplicação de aminoetoxivinilglicina e substâncias inibidoras do escurecimento pós-colheita em frutos de caqui Fuyu**. 2004. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

FAN, X.; ARGENTA, L.; MATTHEIS, J. P. Inhibition of ethylene action by 1-methylcyclopropene prolongs storage life of apricots. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 135-142, Sept. 2000.

FENG, X.; APELBAUM, A.; SISLER, A. C. Control of ethylene responses in avocado fruit with 1-methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 2, p. 143-150, Sept. 2000.

FERRI, V. C. et al. Conservação de caqui Fuyu em diferentes condições de armazenamento. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 69-72, 2007.

_____. Controle da maturação de caquis 'Fuyu', com uso de aminoetoxivinilglicina e ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 344-347, 2002a.

_____. Qualidade de caqui 'Fuyu' tratados com cálcio na pré-colheita e armazenados sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 385-388, 2002b.

FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Resfriamento rápido e armazenamento de caquis (*Diospyrus kaki*, L.), cv. Fuyu, em condições de atmosfera refrigerada e modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 36-39, 2004.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. **Agrianual 2000**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2000. 45 p.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION. **FAOSTAT agricultural data**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/collections>>. Acesso em: 21 set. 2006.

_____. **Statistical**: database. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 27 fev. 2007.

FREIRE JÚNIOR, M. Uso de revestimentos comestíveis em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 38-42.

GALVANI, D. F. G.; EIDAM, T. E.; AYALA, L. A. C. Rendimento e análise sensorial do caqui Quiombo desidratado. In: ENCONTRO DE ENGENHARIA E TECNOLOGIA DOS CAMPOS GERAIS, 2., 2006, Campos Gerais. **Anais...** Campos Gerais: UTFTR, 2006. 1 CD-ROM.

GARRUTI, D. S. et al. **Compostos voláteis do sabor de pseudofrutos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale L*) CCP-76**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2001. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).

GIRARDI, C. L. et al. Conservação de caqui (*Diospyros kaki*, L.), cv. *Fuyu*, pela aplicação de 1 metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 15-25, abr. 2003.

GLADON, R. J. et al. Irradiation of horticultural crops at Iowa State University. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 4, p. 582-585, Apr. 1997.

GOMES, A. L. **Propagação clonal: princípios e particularidades**. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, 1987. 69 p.

GONÇALVES, E. D. et al. Armazenamento refrigerado de caqui 'Fuyu' (*Diospyros kaki*) em atmosfera modificada com filme de polietileno. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 187-190, abr./jun. 2006.

GORINSTEIN, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in some tropical fruits and persimmon. **Journal of Nutritional Biochemistry**, Chicago, v. 10, n. 10, p. 371-376, Oct. 1999.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS. **Fichas descritivas**. Niterói, 1999. Não paginado.

GUIA rural abril: anuário 1998. São Paulo: Abril, 1998. 50 p.

GUIMARÃES, T. G. **Cultura do caqui**. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/not_caqui.pdf>. Acesso em: 9 jun. 2007.

HANDERBURG, R. E.; WATADA, A. E.; WANG, C. Y. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist, and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 130 p.

HARRIS, D. R.; SEBERRY, J. A.; WILLS, R. B. H. Effect of fruit maturity on efficiency of 1-methylcyclopropene to delay the ripening of bananas. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 20, n. 3, p. 303-308, Nov. 2000.

HOFFMAN, P. J. et al. Ripening and quality responses of avocado, custard apple, mango and papaya fruit to 1-methylcyclopropene. **Australian Journal Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 41, n. 1, p. 567-572, Jan. 2001.

IBÁÑEZ, E. et al. Analysis of volatile fruit components by headspace solid-phase microextraction. **Food Chemistry**, London, v. 63, n. 2, p. 281-286, Feb. 1998.

INNOCENZO, M.; LAJOLO, F. M. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. **Journal of Food Biochemistry**, Trumbull, v. 25, n. 5, p. 425-438, Sept. 2001.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. Cultivares lançados pelo IAC no período 1968-1979. **O Agrônomo**, Campinas, v. 32, n. 1, p. 39-168, 1980.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Comércio**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp>>. Acesso em: 10 nov. 2004.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Use of irradiation to ensure the hygienic quality of fresh, pre-cut fruits and vegetables and other minimally processed food of plant origin**. Vienna, 2006. 321 p.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Fresh-cuts**. San Francisco, 2005. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 29 mar. 2009.

JACOMINO, A. P. et al. Processamento mínimo de frutas no Brasil. In: SIMPOSIUM ESTADO ACTUAL DEL MERCADO DE FRUTAS Y VEGETALES CORTADOS EM IBEROAMÉRICA, 1., 2004, San José. **Anales...** San José: CIAD, 2004. p. 79-86.

JOÃO, P. L. et al. **Levantamento da fruticultura comercial do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR, 2002. 80 p.

KENDE, H. Ethylene biosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, n. 44, p. 283-307, 1993.

KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; CASTRO, P. R. C. Controle do amadurecimento e senescência de goiaba vermelha tratada com ethylbloc (1-MCP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 16., 2000, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: EMBRAPA, 2000. p. 292.

KOK, M. F.; YONG, F. M.; LIM, G. Rapid extraction method for reproducible analyses of aroma volatiles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 35, n. 5, p. 779-781, Sept./Oct. 1987.

LABUZA, T. P.; BREENE, W. M. Application of active packaging for improvement of shelf life and nutritional quality of fresh and extended shelf life foods. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 13, n. 1, p. 1-69, May 1989.

LANA, M. M.; FINGER, F. L. **Atmosfera modificada e controlada**: aplicação na conservação de produtos hortícolas. Brasília: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 34 p.

LOBO, M. G.; GONZALÉS, M. Estado actual de los productos minimamente procesados em Espana. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2006, São Pedro. **Palestras...** Piracicaba: USP/ESALQ/CYTED, 2006. 1 CD-ROM.

LUO, Z. S. et al. Relationship between pre-heat treatment alleviating chilling injury and activities of cell wall hydrolases of persimmon fruit. **Acta Horticulturae Sinica**, Beijing, v. 28, n. 6, p. 554-556, Dec. 2001.

MACKU, C.; JENNINGS, W. G. Production of volatiles by ripening banana. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 35, n. 5, p. 845-848, Mar. 1987.

MARTINS, F. P.; PEREIRA, F. M. **Cultura do caqui**. Jaboticabal: FUNEP, 1989. 71 p.

MATOS, C. S.; SOUZA, E. L. Diferenciação entre duas cultivares de caqui com maior difusão no meio-oeste catarinense. **Jornal da Fruta**, Lages, n. 145, p. 12, 2004.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F.; SARZI, B. Aspectos fisiológicos de goiabas 'Pedro Sato' submetidas ao processamento mínimo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia, 2001. 1 CD-ROM.

MISZCZAK, A.; FORNEY, C. F.; PRANGE, R. K. Development of aromatic volatiles and color during postharvest ripening of "Kant" strawberries. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Alexandria, v. 120, n. 4, p. 650-655, May 1995.

MOLINARI, A. C. F. **Métodos combinados para preservar a qualidade pós-colheita de mamão "Golden" tipo exportação**. 2007. 128 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2007.

MORETTI, C. L. Panorama internacional do processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 5., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p. 28-33.

NASCIMENTO, E. F.; MOLICA, E. M.; MORAES, J. S. **Hortaliças minimamente processadas: mercado e produção**. Brasília: EMATER-DF, 2000. 53 p.

NEVES, L. C. et al. Atmosfera modificada e absorção de etileno na frigoconservação de caquis (*Diospyros kaki*, L.) cultivar fuyu. In: ENCONTRO REGIONAL SUL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 7., 2001, Curitiba. **Anais...** Curitiba: ERSCTA, 2001. 1 CD-ROM.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, n. 4, p. 371-401, Aug. 1994.

NICOLETI, J. F. **Secagem de caqui em condições controladas: efeito sobre a qualidade do produto e consumo energético**. 2005. 123 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

NUNES, E. E. et al. Qualidade de mandiocquinha salsa minimamente processada e armazenada sob atmosfera modificada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2185-2190, out. 2009.

PARK, K. J. et al. Estudo da secagem de caqui Giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 71-86, nov./dez. 2004.

PAULA, N. R. F. et al. Qualidade de produtos minimamente processados e comercializados em gôndolas de supermercados nas cidades de Lavras, MG, Brasília, DF e São Paulo, SP. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 219-227, jan./fev. 2009.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS-BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira de banana “Maçã”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, abr. 2005.

_____. Amadurecimento de bananas “Maçã” submetidas ao 1-metilciclopropeno (1-MCP). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 1-4, 2007.

PINHEIRO, N. M. S. et al. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em Fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 153-156, abr. 2005.

PINTO, D. M. et al. Avaliação microbiológica de produtos minimamente processados comercializados em Lavras, MG durante a estação da primavera. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4.; SIMPÓSIO IBERO AMERICANO DE VEGETAIS FRESCOS CORTADOS, 4., 2006, São Pedro. **Anais...** Piracicaba: USP/ESALQ, 2006. p. 64.

PORTE, A.; MAIA, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105-118, jan./jun. 2001.

RESENDE, J. M.; VILAS-BOAS, E. V. B.; CHITARRA, M. I. F. Uso de atmosfera modificada na conservação pós-colheita do maracujá amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 159-168, jan./fev. 2001.

RIU-AUMATELL, M. et al. Characterization of volatile compounds of fruit and nectars by HS/SPME and GC/MS. **Food Chemistry**, London, v. 87, n. 4, p. 627-637, Oct. 2004.

RIZZOLO, A.; POLESELLO, A.; POLESELLO, S. Use of headspace capillary GC to study the development of volatile compounds in fresh fruits. **Journal of High Resolution Chromatography**, Weinheim, v. 15, n. 1, p. 472-477, Apr. 1992.

ROCHA, P.; BENATO, E. A. Sistema produtivo e pós-colheita do caqui Rama Forte e Fuyu. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 36, n. 4, p. 58-64, abr. 2006.

ROLLE, R. S.; CHISM, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Trumbull, v. 10, n. 3, p. 157-177, June 1987.

ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processadas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 84-92, 2000.

ROSA, O. O. et al. Indicadores de contaminação ambiental e de condições higiênicas insatisfatórias de processamento em hortaliças minimamente processadas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 18, n. 122, p. 75-84, jul. 2004.

RUPASINGUE, H. P. V.; MURR, D. P.; PALIYATH, G. Inhibitory effect of 1-MCP on ripening and superficial scald development in "McIntosh" and "Delicious" apples. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, Ashford, v. 75, n. 3, p. 271-276, May 2000.

SARGENT, S. A.; CROCKER, T. E.; ZOELLNER, J. J. Storage characteristics of 'Fuyu' persimmons. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v. 106, n. 5, p. 131-134, May 1993.

SARRIA, S. D. **Comportamento pós-colheita de caqui (Diospyros kaki):** avaliação física e química. 1998. 72 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

SARZI, B. et al. Comportamento respiratório de mamão minimamente processado quando armazenado sob diferentes temperatura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia, 2001a. 1 CD-ROM.

_____. Efeito da temperatura e tipo de corte na conservação de abacaxi minimamente processado (PMP). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 8., 2001, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Fisiologia, 2001b. 1 CD-ROM.

SATO, G. S.; ASSUMPÇÃO, R. Mapeamento e análise da produção do caqui no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 32, n. 6, p. 47-54, 2002.

SEREK, M.; SISLER, E. C.; REID, M. S. 1-methylcyclopropene, a novel gaseous inhibitor of ethylene action, improves the life of fruit, cut flowers and potted plants. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 394, n. 1, p. 337-345, Mar. 1995.

SHAMAILA, M. et al. Analyses of volatile compounds from strawberry fruit stored under modified atmosphere packaging (MAP). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 5, n. 57, p. 1173-1176, Aug. 1992.

SIGRIST, J. M. M. **Centro de tecnologia de hortifrutícolas**. Campinas: ITAL, 2000. 37 p.

SILVA, J. M. **Efeitos da radiação gama na conservação pós-colheita do abacaxi cv. Smooth Cayene**. 2005. 130 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.

SOUZA, B. S. et al. Comportamento respiratório de produto minimamente processado de manga 'Keitt' amadurecida em estufa ou naturalmente. In: ANNUAL MEETING OF THE INTRAMERICAN SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 49., 2003, Fortaleza. **Abstracts...** Fortaleza: ISHS, 2003. p. 181.

SOUZA, R. A. M. Perspectivas do mercado de frutas e hortaliças minimamente processadas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 1-22.

TESTONI, A.; BELLINI, E.; GIORDANI, E. Post-harvest and processing of persimmon fruit. In: MEDITERRANEAN SYMPOSIUM ON PERSIMMON, 1., 2001, Faenza. **Proceedings...** Faenza: Options Mediterraneennes, 2002. p. 53-70.

THOMAZINI, F.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 52-59, jan./jun. 2000.

TODA FRUTA. **Caqui**: fruta saborosa, cultivo proveitoso. São Paulo, 2009. Disponível em: <<http://www.todafruta.com.br>>. Acesso em: 8 dez. 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Versão 4.0. São Paulo, 1998. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela>>. Acesso em: 13 dez. 2004.

VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 44-52.

_____. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 4., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 30-31.

VASCONCELOS, A. R. D. **Utilização de cloreto de cálcio e atmosfera modificada na conservação de caqui cv. Fuyu**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

VERRUMA-BERNARDI, M. R.; SPOTO, M. H. F. Efeito da radiação gama sobre o perfil sensorial de suco de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 28-32, jan./fev. 2003.

VIEITES, R. L. **Conservação pós-colheita de tomates através do uso de irradiação gama, cera e sacos de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente**. 1998. 131 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.

VILAS-BOAS, E. V. de B. Frutas minimamente processadas: pequi. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2004. p. 122-127.

VILAS-BOAS, E. V. de B.; KADER, A. A. Effect of 1-MCP on fresh-cut fruits. **Perishables Handling Quarterly**, Davis, n. 108, p. 25-25, 2001.

_____. Effect of atmospheric, 1-MCP and chemicals on quality of fresh-cut banana. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 155-162, Feb. 2006.

WATADA, A. E. et al. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 116-122, May 1990.

WATKINS, C. B. Ethylene synthesis, mode of action consequences and control. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Columbus: CRC, 2002. p. 180-207.

_____. The use of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on fruits and vegetables. **Biotechnology Advances**, New York, v. 24, n. 4, p. 389-409, 2006.

WILLS, R. et al. **Introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals**. 4. ed. Zaragoza: Acribia, 1999. 240 p.

YAMASHITA, F. **Armazenamento frigorificado de mangas (*Mangfera indica* L. cv. Keitt) embaladas sob atmosfera modificada**. Campinas: UNICAMP, 1995. 142 p.

YONAMINE, M. **A saliva como espécime biológico para monitorar o uso de álcool, anfetamina, metanfetamina, cocaína e maconha por motoristas profissionais**. 2004. 117 p. Tese (Doutorado em Toxicologia e Análises Toxicológicas) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAPÍTULO 2

**Amadurecimento de caqui 'Fuyu' submetido ao 1-metilciclopropeno
(1-MCP) e armazenado sob refrigeração**

RESUMO

As alterações físicas, químicas e bioquímicas de caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP e armazenado sob refrigeração foram estudadas. Os frutos foram colhidos na região de Barbacena, MG e selecionados de acordo com o grau de maturação, o tamanho, a cor e a ausência de injúrias e defeitos. Os frutos foram lavados com água corrente e detergente neutro e sanificados com hipoclorito de sódio, a 200 mg.L^{-1} , por 15 minutos. Após a sanificação, os frutos foram separados em quatro lotes e tratados com 300, 600 e 900 nL.L^{-1} de 1-MCP. Ao término do tratamento, os frutos foram colocados em bandeja de poliestireno expandido, cada uma contendo quatro frutos e cobertos com filmes de policloreto de vinila com espessura de $14 \mu\text{m}$. Posteriormente, foram armazenados a $0 \pm 1^\circ\text{C}$ e $90 \pm 5\%$ UR, por 80 dias e as avaliações de perda de massa, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, cor (valores L^* e a^*), firmeza, açúcares totais, pectina solúvel, vitamina C, atividade total antioxidantes e parede celular (poliuronídeos, celulose, hemicelulose e açúcares neutros) foram realizadas nos períodos de 0, 20, 40, 60 e 80 dias de armazenamento. Sob as condições experimentais estudadas, pôde-se concluir que as doses utilizadas de 1-MCP foram eficientes no retardo do amadurecimento, por aumentar em 20 dias a vida útil do caqui. O tratamento retardou a perda de massa, a firmeza, o valor L^* e a^* , os açúcares totais, a vitamina C e a pectina solúvel e promoveu menor degradação dos componentes da parede celular (poliuronídeos, celulose e hemicelulose) dos frutos, comprovando que o amadurecimento iniciou-se mais cedo nos frutos controles. Foi verificado aumento na acidez titulável dos frutos e diminuição nos valores de pH e atividade total antioxidante, durante o período de armazenamento, não havendo influência dos tratamentos utilizados. Dentre os açúcares neutros presentes na parede celular, a glucose se destaca como predominante, independentemente do tratamento utilizado e do tempo de armazenamento.

Palavras-chave: *Diospyros kaki* L. 1-MCP. Refrigeração.

ABSTRACT

The physical, chemical and biochemical characteristics of persimmon 'Fuyu' submitted to different doses of 1-MCP and stored under refrigeration were studied. The fruits were harvested in the city of Barbacena - MG and selected according to the degree of maturity, size, color and absence of injuries. Were washed with detergent and sanitized with sodium hypochlorite at 200 mg. L⁻¹ for 15 minutes, after sanitization were divided into four groups and treated with 300, 600 and 900 nL.L⁻¹ 1-MCP. After treatment, fruits were placed in polystyrene trays, each containing four fruits and covered with polyvinyl chloride film with a thickness of 14 μ . Were subsequently stored at 0 \pm 1 ° C and 90 \pm 5% RH for 80 days and evaluations of mass loss, pH, soluble solids, acidity, color (L * and *), firmness, total sugars, soluble pectin, Vitamin C, total antioxidant activity and cell wall (polyuronid, cellulose, hemicellulose and neutral sugars) were recorded at 0, 20, 40, 60 and 80 days of storage. Under the experimental conditions studied it was concluded that the dose of 1-MCP was effective in controlling the maturation. The treatment slowed the mass loss, firmness, and the a* and L* values, the total sugars, vitamin C, soluble pectin and promoted less deterioration of wall cell components (polyuronid, cellulose and hemicellulose) stating that the fruit-ripening sooner if the fruits controls. It was verified an increase in the acidity of fruits and reducing of pH values and total antioxidant activity during the storage period, with no influence of treatments. Among the neutral sugars present in the cell wall glucose stands out as predominant, regardless of treatment used and storage time.

Keywords: *Diospyros kaki* L. 1-MCP. Refrigeracion.

1 INTRODUÇÃO

A produção mundial de caqui está aumentando anualmente, devido à produção de novos pomares. Dentre as cultivares exploradas comercialmente, a 'Fuyu' é uma das mais cultivadas e a de maior importância no mercado internacional. Dessa forma, surge a possibilidade de os produtores exportarem parte da sua produção, especialmente para a Europa. No entanto, o transporte deve ser realizado em condições que possibilitem a manutenção da qualidade dos frutos. As tentativas de transportes realizadas para o mercado europeu até o momento não proporcionaram os resultados desejados, pois os frutos chegaram ao mercado europeu com elevada porcentagem de amolecimento e incidência de escurecimento da casca. O amolecimento rápido dos frutos após a exposição à temperatura ambiente foi constatado por Donazzolo e Brackmann (2002).

O caqui é um fruto climatérico muito sensível, pois apresenta elevação na taxa respiratória e na produção do etileno que desencadeia o amadurecimento, dificultando a comercialização do produto em locais mais distantes. O controle do amadurecimento é o ponto chave na conservação de frutos, visando sua posterior comercialização.

O etileno é um composto orgânico volátil que se difunde dentro e fora das células, estimulando as modificações relativas ao amadurecimento como coloração, textura e sabor. Em condições normais, o etileno liga-se a moléculas receptoras, provavelmente proteínas de membrana, de onde surgem respostas associadas ao amadurecimento. A ligação do etileno ao receptor sugere o encaixe de uma chave a uma fechadura, considerando-se o etileno como uma chave e o receptor como a fechadura. Quando o etileno se liga ao receptor, é como se a fechadura destravasse e a porta abrisse. Com isso, é desencadeada uma cascata de reações associadas à qualidade e à vida pós-colheita dos frutos (WATKINS, 2002).

Vários compostos inibidores da ação do etileno são utilizados na pós-colheita de frutos, retardando o amadurecimento. Dentre estes inibidores, o 1-MCP tem se destacado pela alta eficiência e por não deixar resíduos nos alimentos. O 1-MCP também é hábil em se ligar ao receptor do etileno. Ele também age como chave que se acopla na fechadura, mas não é capaz de destravá-la e abrir a porta. Quando o sítio receptor é ocupado pelo 1-MCP, é impossível para o etileno se ligar a ele. É dessa forma que o 1-MCP atua como inibidor da ação do etileno em vegetais (WATKINS, 2002).

Este produto tem sido avaliado no prolongamento da vida pós-colheita e na manutenção da qualidade de diversos produtos vegetais (PINHEIRO; VILAS-BOAS; MESQUITA, 2005) e também do caqui (BLUM; AYUD, 2009; PINTO et al., 2007).

Desse modo, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as alterações físicas, químicas e bioquímicas do caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP e armazenados sob refrigeração, visando obter respostas na determinação da melhor dose utilizada para manter as características sensoriais e prolongar sua vida útil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento

Os frutos utilizados neste experimento eram provenientes de plantio comercial, no município de Barbacena, MG. A cultivar utilizada foi a 'Fuyu', sendo sua colheita realizada em abril de 2008, no estágio de maturação verde maturo, no período da manhã, para minimizar perdas por transpiração, utilizando-se tesoura de poda.

Após a colheita, os caquis foram selecionados de acordo com o estágio de maturação. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas de plástico, forradas com espuma de poliestireno e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

No laboratório, os frutos foram lavados em água corrente para a retirada do calor de campo e de sujidades da superfície e novamente selecionados quanto à maturação, à uniformidade de tamanho e de cor, à sanidade e à ausência de defeitos. Posteriormente, foram armazenados, a 15°C, por 18 horas, até o início da montagem do experimento.

No dia seguinte, os frutos foram lavados com detergente neutro e imersos em solução de hipoclorito de sódio à concentração de 200 mg.L⁻¹, por 15 minutos, para sanificação. Os frutos foram separados em quatro lotes contendo aproximadamente 60 frutos em cada e tratados com 300, 600 e 900 nL.L⁻¹ de 1-MCP, em caixas de isopor com volume de 100 litros, hermeticamente fechadas, nas quais os frutos permaneceram, por 12 horas, em uma sala de processamento, à temperatura de 15±2°C e umidade relativa de 70±5%. As mesmas condições foram utilizadas para os frutos controle, porém, sem aplicação de 1-MCP.

O produto comercial de 1-MCP utilizado foi o *Smartfresh*®, na formulação em pó, contendo 0,14% do ingrediente ativo, colocado em frasco com septo na tampa para injeção de água, pois quando ele é diluído na água, ocorre a liberação do 1-MCP na forma de gás. Depois de colocada a água, o frasco foi introduzido na caixa de isopor, juntamente com os frutos, e esta foi vedada imediatamente para evitar a perda do gás. Ao término do tratamento, as caixas de isopor foram abertas e os frutos foram colocados em bandeja de poliestireno expandido, cada uma contendo quatro frutos e cobertos com filmes de policloreto de vinila com espessura de 14 μ .

Os frutos foram armazenados a $0\pm 1^\circ\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR, por 80 dias e as avaliações foram realizadas nos períodos de 0, 20, 40, 60 e 80 dias de armazenamento.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x5, correspondente a quatro tratamentos com 1-MCP (controle, 300, 600 e 900 nL.L^{-1}) e cinco tempos de armazenamento (0, 20, 40, 60 e 80 dias). Cada parcela experimental foi composta por três bandejas contendo quatro frutos em cada.

2.2 Análises realizadas no fruto

2.2.1 Perda de massa

Foi determinada pesando-se os produtos em balança semianalítica. Os resultados foram expressos em percentagem, considerando-se a diferença entre a massa inicial do fruto *in natura* e aquela obtida a cada intervalo de tempo de amostragem.

2.2.2 Coloração

Foi determinada com o auxílio do colorímetro Minolta, modelo CR-400, com iluminante D₆₅ e no sistema CIE L* e a*. A coordenada L* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). A coordenada a* pode assumir valores de -80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente. As leituras foram feitas em três pontos aleatórios da casca do fruto de cada repetição.

2.2.3 Firmeza

Foi determinada em três pontos da superfície do fruto, com o auxílio de um texturômetro modelo TAXT2i, utilizando-se a sonda P/3N, que mediu a força de penetração desta nos frutos, à velocidade de 5mm/s e distância de penetração de 5mm, valores estes previamente fixados. Foi utilizada uma plataforma HDP/90 como base. A firmeza do caqui foi expressa em Newton (N).

2.2.4 pH, Sólidos solúveis (SS) e Acidez titulável (AT)

Foram realizadas em homogenato filtrado, após trituração da polpa do fruto em homogeneizador de tecidos na proporção 1:5 (10g da polpa diluída em 50mL de água destilada). A determinação de AT (% de ácido málico) foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1N, usando como indicador a fenolftaleína (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3MP), segundo a Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2000). Os SS foram determinados por refratometria, utilizando-se refratômetro digital ATAGO PR-100 com compensação de temperatura automática a 25°C (AOAC, 2000).

2.2.5 Açúcares totais

Foram extraídos com álcool etílico a 70% e determinados, espectrofotometricamente, a 620nm, pelo método de Antrona (DISCHE, 1962). Os resultados foram expressos em g de glicose por 100g de polpa.

2.2.6 Pectina solúvel

Foi extraída de acordo com a técnica de McCready e McColomb (1952), e determinada, espectrofotometricamente, a 520 nm, segundo técnica de Bitter e Muir (1962). Os resultados serão expressos em mg de ácido galacturônico por 100 g de polpa.

2.2.7 Vitamina C

O teor de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenil-hidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa.

2.2.8 Atividade antioxidante total

Foi determinada pelo método de Rufino et al. (2007), por meio do sequestro do radical DPPH e expressa em mg DPPH.100g fruto⁻¹.

2.3 Determinação dos constituintes da parede celular

2.3.1 Extração da parede celular

A parede celular foi extraída do material (polpa mais casca), pesando-se 50 g e triturando-se em homogeneizador de tecidos tipo politron, com 200 mL de álcool 92,8% Em seguida, filtrou-se em organza, lavando-se com álcool 92,8% duas vezes, logo depois, com álcool etílico absoluto e, finalmente, com

acetona PA. O processo de extração foi feito com álcool fervente. O material da parede celular foi colocado em placa de Petri para secagem e armazenado em frascos até a sua utilização, segundo Mitcham e McDonald (1992).

2.3.2 Determinação de poliuronídeos

A 50 mg do material da parede celular, acrescentaram-se 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 72%. Após repouso por 2 horas, à temperatura ambiente, completou-se o volume para 50 mL, com água destilada, filtrando-se em seguida. Para a determinação, utilizou-se o método carbazol e os resultados foram expressos em porcentagem de açúcar pécico, segundo Bitter e Muir (1962), no material da parede celular.

2.3.3 Determinação de celulose

A 50 mg do material da parede celular, acrescentaram-se 5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 72%. Após repouso por 2 horas, à temperatura ambiente, completou-se o volume para 50 mL, com água destilada, filtrando-se em seguida. Para a determinação, utilizou-se o método Antrona, segundo Dische (1962) e os resultados foram expressos em porcentagem de açúcar celulósico no material da parede celular.

2.3.4 Determinação de hemicelulose

A 50 mg do material da parede celular, acrescentaram-se 10 mL de ácido trifluoracético (TFA 2N), permanecendo em banho-maria por 2 horas, a 30°C. Depois, completou-se o volume para 50 mL com água destilada, filtrando-se em seguida. Tomou-se uma alíquota de 1 mL para doseamento, utilizando-se o método antrona, segundo Dische (1962) e os resultados foram expressos em porcentagem de hemicelulose no material da parede celular.

2.3.5 Derivatização de açúcares neutros da parede celular

Amostras de 1 mg de parede celular foram colocadas em tubos de ensaio rosqueados; adicionaram-se 500 μL de HCl (2mol L^{-1} contendo 500 μg de inositol) e vedou-se. Os tubos foram aquecidos, a 121°C , sob agitação, por uma hora, no *headspace*. Em seguida, o homogenato foi evaporado com N_2 gasoso. Procedeu-se à lavagem com 500 μL de metanol e evaporação com o N_2 gasoso (três vezes). A redução dos polissacarídeos foi feita com ciclo-hidroxilamina e a acetilação com o anidrido acético. Para a redução, adicionaram-se 250 μL de ciclo-hidroxilamina contendo 20 g para 1 litro de piridina. Posteriormente, esta solução foi mantida a 121°C , por 10 minutos, sob agitação, no *headspace*. Adicionaram-se 500 μL de anidrido acético para promover a acetilação dos polissacarídeos. A solução foi mantida a 121°C , por 20 minutos, sob agitação, no *headspace*. Depois de resfriada, a amostra foi injetada no cromatógrafo (CGMS) (GUERREIRO, 2010).

2.3.6 Cromatografia gasosa associada à espectrometria de massas

Injetou-se 1 μL das amostras derivatizadas no cromatógrafo a gás GCMS-QP 2010 Shimadzu (Gas chromatograph mass spectrometer) com coluna capilar OV-DB 225, 0,25 mm de diâmetro interno e 25 m de comprimento. Os gases utilizados foram o hidrogênio, como gás de queima; o ar sintético, como mantedor da chama e o “make up”, uma mistura de hidrogênio e nitrogênio ($30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$). A pressão da coluna foi de 21psi, o fluxo da coluna de $1,0\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$ e a do gás de arraste, $30\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}$. Foram utilizadas as seguintes temperaturas: coluna 225°C , injetor 250°C e detector de 300°C . Utilizou-se como padrão uma mistura dos açúcares ramnose, fucose, arabinose, manose, galactose, glicose e inositol (padrão interno), todos na concentração de $1\text{mg}\cdot\text{mL}^{-1}$ (GUERREIRO, 2010).

2.4 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico Sisvar 4.3 (FERREIRA, 1999). Após a análise de variância dos resultados obtidos, observou-se o nível de significância do teste F. As médias dos períodos de avaliação foram submetidas à regressão polinomial, em que os modelos foram selecionados de acordo com a significância do teste F de cada modelo e com o coeficiente de determinação. No teste de aceitabilidade, as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perda de massa

Observou-se interação significativa entre os fatores tempo de armazenamento e doses de 1-MCP para a variável perda de massa ($p < 0,05$). Houve aumento linear na perda de massa do caqui submetido às diferentes doses de 1-MCP e no tratamento controle, com o transcorrer do armazenamento, tendo valores menores dessa variável sido observados em frutos tratados com 1-MCP, independentemente da dose utilizada. A maior perda de massa ao longo do armazenamento foi verificada nos frutos controle, tendo, no final do período estudado (80 dias), os frutos alcançado 5%, valor ainda considerado baixo para caqui armazenado sob refrigeração (Figura 1).

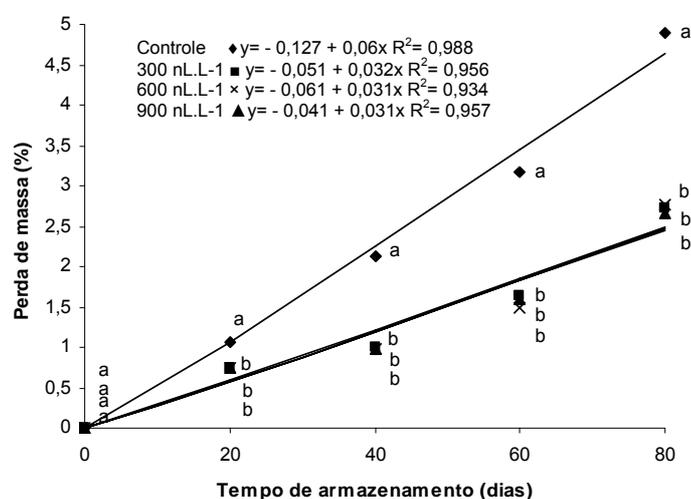


Figura 1 Valores de perda de massa (%) em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

A perda de massa é um dos principais fatores na vida de armazenamento de muitos produtos hortícolas. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), as frutas e as hortaliças, mesmo quando mantidas em condições ideais, sofrem alguma perda de massa durante o armazenamento, devido ao efeito combinado de respiração e transpiração.

Carvalho et al. (1998), estudando o efeito do ácido giberélico e o armazenamento em atmosfera modificada de caqui armazenado a 5°C, por 28 dias, verificaram perda de massa que atingiu 0,6%. Blum, Ayub e Malgarim (2008), estudando o efeito da cera na conservação pós-colheita do caqui, verificaram que as testemunhas, em 64 dias de armazenamento, alcançaram valores de 25,4% de perda de massa.

Apesar de o tratamento com 1-MCP reduzir a perda de massa em caqui, não houve diferenças marcantes entre as doses estudadas. Redução na perda de massa por influência do 1-MCP tem sido registrada em outros frutos, como sapotí (MORAES et al., 2006), abacates (JEONG; HUBER; SARGENTE, 2002), maçãs (BRACKMANN et al., 2000) e mangas (COCOZZA, 2003).

3.2 Valor L* e a*

A coloração é o atributo mais importante no processo de escolha pelos consumidores (CHITARRA; CHITARRA, 2005), sendo a coloração da casca utilizada para avaliar a qualidade comercial do caqui. A interação entre os fatores tratamento com 1-MCP e tempo de armazenamento foi significativa para o valor L* e a* da casca do caqui ($p < 0,05$).

O valor L* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). Analisando-se o parâmetro cor da casca, constatou-se que o valor L* tendeu a diminuir no decorrer do armazenamento, sofrendo um ligeiro acréscimo no final do período

estudado. Apenas nos 20 dias de armazenamento foi verificado um valor L^* maior nos tratamentos controle e 300 nL. L^{-1} de 1-MCP (Figura 2). Cia (2002), verificando a cor da casca de caqui 'Fuyu' submetido à atmosfera modificada, também constatou um decréscimo no valor L^* de 57,3 para 44,8, nos 40 dias de armazenamento, valores estes próximos ao encontrado no presente trabalho.

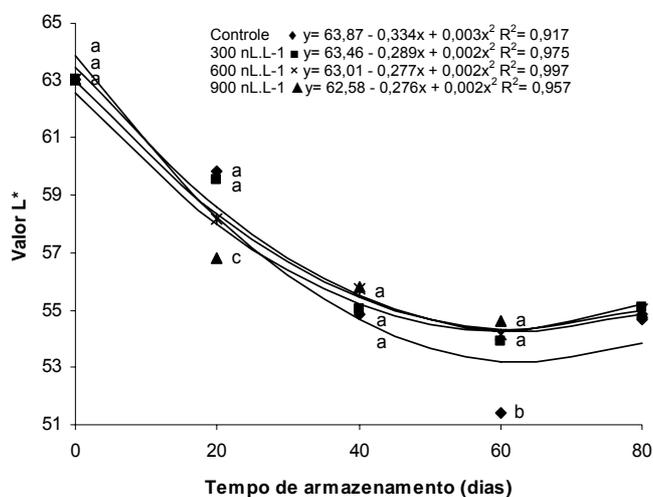


Figura 2 Alterações no valor L^* em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Os principais pigmentos presentes em frutas e hortaliças responsáveis pela coloração pertencem a diferentes tipos de substâncias químicas agrupadas em quatro classes distintas: clorofilas, carotenoides (carotenos, licopeno e xantofilas), flavonoides (antocianinas) e betalaínas, estas últimas de distribuição muito limitada. Com a evolução do amadurecimento, há a degradação da clorofila e o desmascaramento e ou síntese de outros pigmentos, principalmente carotenoides e antocianinas (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O valor a^* corresponde à variação do verde ao vermelho e o seu aumento com o amadurecimento do fruto reflete na perda da coloração verde, com o surgimento e a evolução da tonalidade vermelha. No presente trabalho, foram verificados maiores valores de a^* nos frutos controle que não sofreram tratamento com 1-MCP, seguidos das doses de 300, 600 e 900 nL. L⁻¹. Em todos os frutos analisados, verificou-se, ao longo do período estudado, um aumento linear que correlacionou-se positivamente com o armazenamento (Figura 3). Entretanto, nos frutos tratados com 900 nL. L⁻¹ de 1-MCP, o desaparecimento da cor verde foi mais lento, indicando que esse tratamento foi mais eficiente para esse parâmetro.

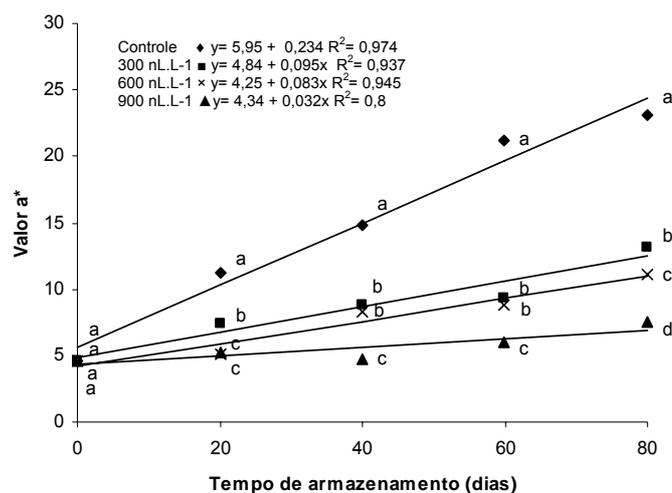


Figura 3 Alterações no valor a^* em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Esse comportamento pode ter sido ocasionado pela redução dos teores de clorofila e pelo aumento dos carotenoides, que é o pigmento responsável pela coloração alaranjada do caqui.

3.3 pH e acidez titulável

Para a variável acidez titulável e pH, verificou-se influência apenas do fator tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Foi constatado, para a variável pH, um declínio linear que iniciou-se com valores de 6,98 e, no último tempo avaliado, alcançou valores de 6,35 (Figura 4). O pH está coerente com a acidez titulável, pois o pH diminuiu durante o armazenamento e a acidez titulável aumentou.

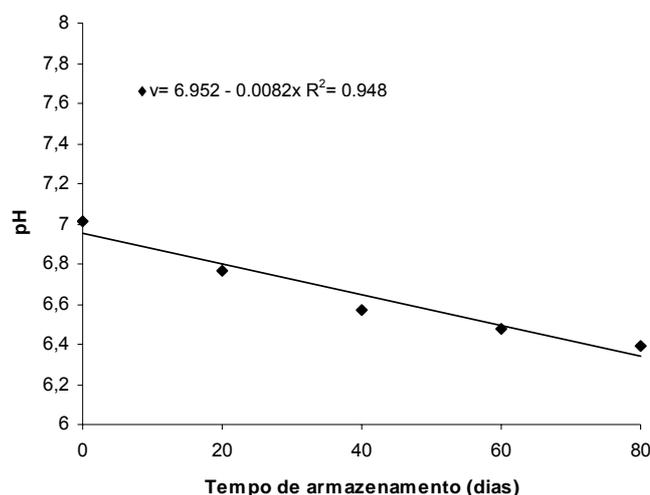


Figura 4 Alterações no pH em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Blum, Ayub e Malgarim (2008), verificando a qualidade pós-colheita de caqui 'Fuyu' submetido à aplicação pré-colheita de ácido giberélico e aminietoxivinilglicina, encontraram valor de pH igual a 6,08 nos frutos controles, que é menor do que o encontrado no presente trabalho. Vasconcelos (2000) encontrou pH, variando de 5,90 a 6,80 para a cultivar Fuyu.

Comportamento semelhante ao observado no presente trabalho foi relatado por Gonzalez, Ayub e Werlang (2005) em relação ao pH da polpa de caquis tratados com AVG e armazenados durante 20 dias. Estes obedeceram a uma tendência linear, tendo sido obtido o valor de 5,44 com a dose máxima utilizada.

Foi observado, durante o período de armazenamento, que a variável acidez titulável tendeu a aumentar linearmente em todos os tratamentos, alcançando valores de 0,10% (Figura 5).

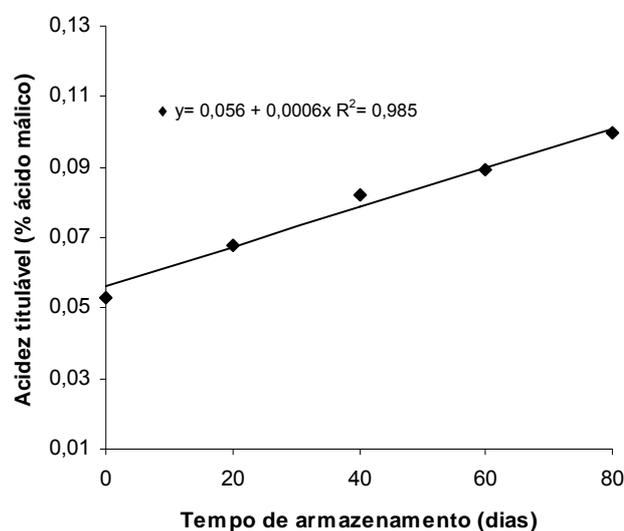


Figura 5 Valores de acidez titulável (% de ácido málico) em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Comparado a outras frutas, o caqui apresenta baixa acidez, o que contribui para seu sabor adocicado. Segundo Fonseca (1973 citado por FAGUNDES, 2004), a acidez titulável do caqui gira em torno de 0,16% a 0,23%. O ácido málico é o principal ácido orgânico encontrado no caqui (PARCK et al., 2004).

O teor do ácido, com o decorrer da maturação, tende a diminuir, em decorrência do seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Esse aumento pode ter sido ocasionado pela utilização da atmosfera modificada, devido ao aumento de CO₂, também podendo estimular a fermentação, quando o nível de O₂ é muito baixo (SIRIPHANICH, 1998). Além do processo de senescência, o uso de filmes de policloreto de vinila nos frutos do presente trabalho pode ter contribuído para o acréscimo da acidez durante o armazenamento. Apesar de a acidez titulável ter aumentado, o maior valor de encontrado (0,10%) ainda está coerente para os valores de acidez titulável do caqui, não afetando seu sabor.

Fagundes (2004) e Vasconcelos (2000) encontraram entre 0,08% e 0,10% de ácido málico para o caqui 'Fuyu, valores estes semelhantes ao observado no presente trabalho. Ferri e Rombaldi (2004) observaram oscilações, no decorrer dos 90 dias de armazenamento, para a variável acidez titulável em caqui 'Fuyu', mas os valores situaram-se por volta de 0,8%. Blum e Ayub (2009), estudando o efeito de diferentes doses de 1-MCP na qualidade de caqui 'Quioto', verificaram também um ligeiro acréscimo no decorrer dos 20 dias de armazenamento, chegando a 0,12% de ácido málico e associaram esse incremento a um acúmulo inicial de ácidos orgânicos, devido à degradação de componentes celulares.

3.4 Sólidos solúveis e açúcares totais

Observou-se interação entre tempo de armazenamento e doses de 1-MCP para a variável SS e AT ($p < 0,05$). Foi verificado, para ambas as variáveis, aumento linear em todos os tratamentos até o 60º dia de armazenamento, com

posterior declínio, passando por valores máximos nos 40 e 60 dias e diminuindo em seguida (Figura 6 A e B).

Maiores teores de SS foram verificados na dose de 600 nL L⁻¹, até o 60º dia. Para a variável AST, foi verificada diferença estatística para as doses de 1-MCP apenas aos 60 e 80 dias de armazenamento, tendo o tratamento controle apresentado maiores teores de AST, indicando avanço na maturação em relação aos demais tratamentos utilizados. O maior acúmulo de açúcares no tratamento controle também foi relatado por Danieli et al. (2002), Fagundes e Ayub (2005) e Gonzalez, Ayub e Werlang (2004).

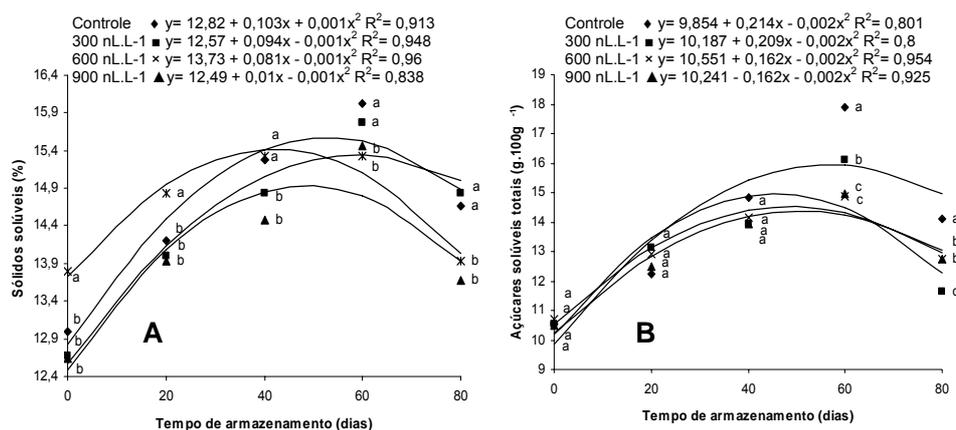


Figura 6 Alterações nos valores de sólidos solúveis (°Brix) (A) e açúcares totais (B) em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Para Moura et al. (1997), o conteúdo de SS em caquis é crescente durante o armazenamento. Entretanto, para Hirai e Yamazaki (1984), Maness, Brusewitz e McCollum (1992) e Senter et al. (1991), os teores de SS, nos primeiros dias após a colheita, tendem a aumentar, seguidos de redução. Os SS

compreendem, principalmente, os açúcares, sendo o seu teor dependente do estágio de maturação do fruto, aumentando durante a maturação pela biossíntese de mono e dissacarídeos, ou degradação de polissacarídeos (COOMBE, 1976). Os açúcares ainda podem ser utilizados como substrato no processo respiratório (TUCKER, 1993), o que, possivelmente, pode explicar a redução dos valores de SS e AST aos 80 dias de armazenamento.

Assmann et al. (2006) estudaram o armazenamento refrigerado de caqui 'Fuyu' por 21 dias e constataram um aumento linear nos teores de sólidos solúveis alcançando valores máximos de 17,5° Brix, valores estes um pouco superiores quando comparados aos do presente trabalho. Gonçalves et al. (2006) observaram um aumento durante o armazenamento de caqui 'Fuyu' em atmosfera modificada com valor médio de 15,43° Brix, condizente com o deste trabalho. Blum, Ayub e Malgarim (2008) verificaram também um aumento gradativo nos teores de sólidos solúveis na qualidade pós-colheita de caquis 'Fuyu' armazenados por 60 dias, com valor médio de 13,01° Brix.

As diferenças para os valores de sólidos solúveis determinados nas diversas pesquisas podem ser atribuídas às condições distintas de clima, solo, posição do fruto na planta e no estágio de maturação do fruto.

3.5 Firmeza e pectina solúvel

A interação entre os fatores tratamento com 1-MCP e tempo de armazenamento foi significativa para as variáveis firmeza e pectina solúvel ($p < 0,05$). Ao longo do armazenamento, houve redução brusca da firmeza dos frutos, de 60,32 N, no dia da colheita para 6 N, aos 80 dias de armazenamento para os frutos controles. Estes perderam a firmeza com maior intensidade que os tratados com 1-MCP (Figura 7)

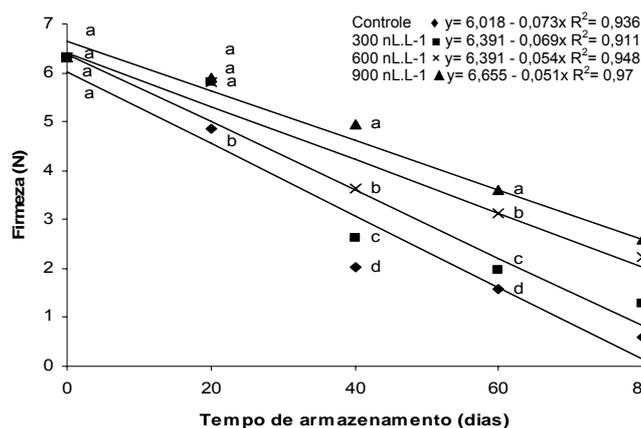


Figura 7 Alterações nos valores de firmeza em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Das alterações na firmeza da polpa, dois processos podem ser determinantes: a perda excessiva de água dos tecidos, que causa diminuição da pressão de turgor ou modificações na estrutura e na composição da parede celular pela ação de numerosas enzimas que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Para os frutos tratados com 1-MCP, a redução da firmeza foi retardada de acordo com a dose utilizada. Frutos tratados com 900 nL. L⁻¹ de 1-MCP apresentaram-se mais firmes que os frutos tratados com 600 e 300 nL. L⁻¹, respectivamente, visto que, aos 12^o dias de armazenamento, não foram detectadas diferenças estatísticas entre os frutos tratados com 600 e 900 nL. L⁻¹ (Figura 7).

Dessa forma, a eficiência do 1-MCP nos frutos tratados pode ser justificada pelo fato de ele se ligar ao receptor do etileno. Enquanto o 1-MCP

está ocupando o sítio receptor, é impossível para o etileno se ligar a ele e desencadear as reações do processo de amadurecimento (WATKINS, 2002). É devido a este processo que o 1-MCP retarda a firmeza dos frutos.

Tais resultados estão de acordo com os reportados por Blum e Ayub (2008) e Girardi et al. (2003) que avaliaram a aplicação de 1-MCP em caqui 'Quioto' e 'Fuyu', respectivamente. Pinheiro, Vilas-Boas e Mesquita (2005) também observaram retardo no amaciamento de bananas tratadas com 50 nL. L⁻¹ de 1-MCP. Em caqui, 100 nL. L⁻¹ de 1-MCP retardaram o amaciamento em sete dias (HARIMA et al., 2003). Mao, Karafurt e Huber (2004) também observaram decréscimos nos valores de firmeza ao longo do armazenamento de melancias tratadas com etileno e com 1-metilciclopropeno. Em damasco, pêssigo e ameixa, foi constatada manutenção da firmeza após o tratamento com 1-MCP (LURIE; WESLER, 2004).

Segundo Mitcham, Crisoto e Kader (1998), para que os caquis da cv. Fuyu tenham boa aceitabilidade para o consumo *in natura*, a firmeza da polpa deve estar entre 20 e 60N.

O teor de pectina solúvel aumentou durante o armazenamento, tendo, nos frutos controle, este aumento sido bem mais acentuado e podendo ser associado com a redução da firmeza. Os frutos tratados apresentaram menor teor de pectina solúvel ao longo do armazenamento, confirmando a eficiência do 1-MCP em manter a firmeza dos frutos. Já nos frutos que não sofreram tratamento esta redução foi mais acentuada, o que se deve ao fato de o metabolismo estar mais acelerado e resultar em teor de pectina solúvel maior (Figura 8).

Os frutos tratados com 600 e 900 nL. L⁻¹ de 1-MCP foram os que apresentaram menores teores de pectina solúvel, o que está de acordo com os dados de firmeza (Figura 7), tendo os frutos desses tratamentos apresentado maior perda de firmeza.

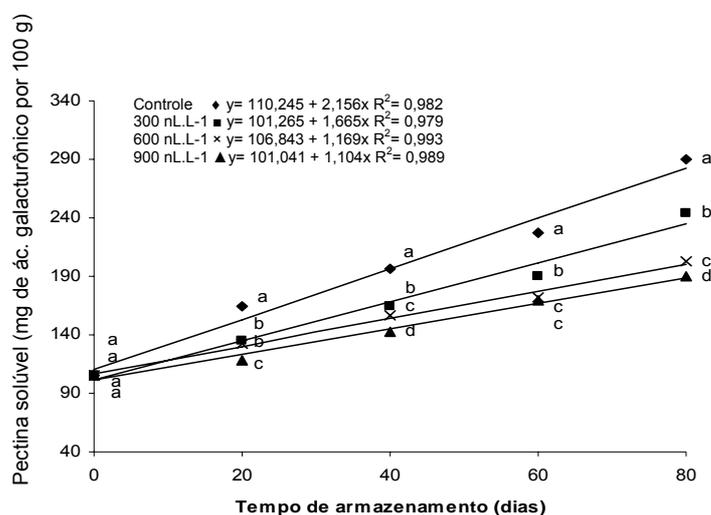


Figura 8 Alterações no valor de pectina solúvel (mg de ácido galacturônico/100g de polpa) em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração

Blum e Ayub (2008), avaliando a aplicação de 1-MCP em caqui 'Quioto', não observaram alterações nos teores de pectina solúvel. Pinheiro, Vilas-Boas e Mesquita (2005) verificaram influência do 1-MCP na qualidade de banana pós-colheita, diminuindo os teores de pectina solúvel. No entanto, Moraes et al. (2006), avaliando a aplicação de diferentes doses de 1-MCP em sapoti, encontraram resultados semelhantes aos do presente trabalho, no qual houve um acréscimo ao decorrer do armazenamento, principalmente nos frutos controle.

3.6 Vitamina C e atividade antioxidante total

O teor de vitamina C do presente trabalho foi influenciado significativamente pelos fatores tratamentos e tempo de armazenamento ($p < 0,05$).

Foi verificado um decréscimo linear em todos os tratamentos com o decorrer do período de armazenamento, tendo menores teores sido verificados na dose de 900 nL. L⁻¹ de 1-MCP (Figura 9).

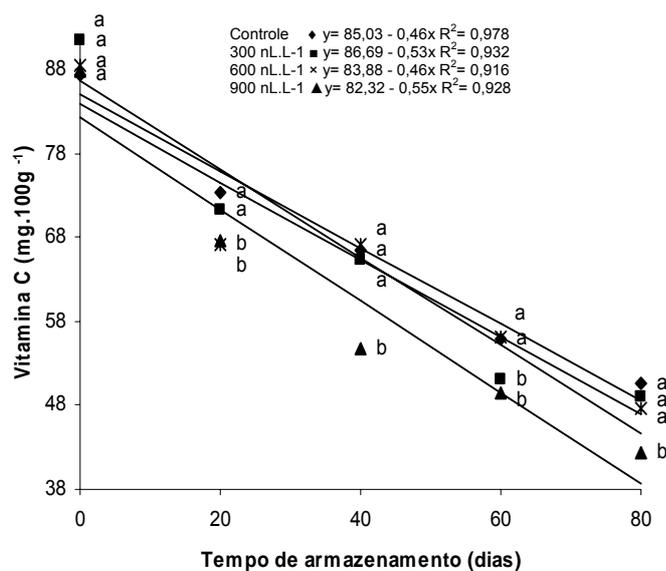


Figura 9 Alterações nos valores de Vitamina C (mg.100g⁻¹) em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

O teor de ácido ascórbico pode aumentar ou diminuir durante o amadurecimento, dependendo do fruto. O decréscimo do ácido ascórbico é atribuído à maior atuação da enzima ácido ascórbico oxidase (NOGUEIRA et al., 2002) ou pela ação de enzimas oxidantes, como fenolase, citocromo C oxidase e peroxidase (TUCKER, 1993).

As frutas, além de conter boas fontes de vitaminas, minerais e fibras, também contêm outras substâncias benéficas à saúde, como os antioxidantes. Vários trabalhos têm sido realizados e constatado o papel eficiente dos

antioxidantes presentes em produtos de origem vegetal, destacando-se a vitamina C.

A atividade antioxidante total mostrou-se significativa apenas em relação ao tempo estudado, não havendo influência dos tratamentos ($p < 0,05$). Independentemente do tratamento utilizado, observou-se redução no seu teor com o tempo de armazenamento estudado, fato este atribuído à redução também observada nos teores de vitamina C nesse mesmo período, uma vez que esse composto atua como importante antioxidante. No início do experimento, a concentração de antioxidantes era de $12,51 \text{ mg DPPH} \cdot 100\text{g fruto}^{-1}$, porém, após 80 dias, esse valor atingiu $9,24 \text{ mg DPPH} \cdot 100\text{g fruto}^{-1}$ (Figura 10).

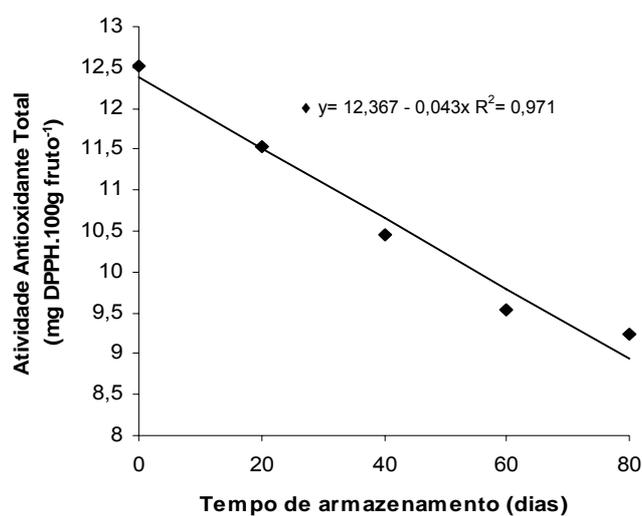


Figura 10 Alterações na atividade antioxidante total ($\text{mg DPPH} \cdot 100\text{g fruto}^{-1}$) em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Vários trabalhos já estão sendo realizados com o objetivo de verificar o potencial antioxidante total em frutos. Nassur (2009), avaliando a qualidade pós-colheita de tomates tipo italiano produzidos em sistemas orgânicos, observou um declínio nos teores durante o período estudado, comportamento este semelhante

ao constatado no presente trabalho, sendo seus valores superiores, alcançando 40 mg DPPH.100g fruto⁻¹. Kuskoski et al. (2006) citam o abacaxi e a acerola com valores bem mais acentuados, 41,14 mg DPPH.100g fruto⁻¹ e 68 mg DPPH.100g fruto⁻¹, respectivamente. Contudo, valores menores também já foram verificados por Rodrigues (2010), que estudou o crescimento da pitiaia nativa, que não alcançou 5 mg DPPH.100g fruto⁻¹, durante os 70 dias após a antese.

3.7 Parede celular

O amaciamento dos tecidos devido ao amadurecimento tem influência acentuada tanto na qualidade como no período de conservação, tendo relação direta com os componentes químicos da parede celular. Os componentes mais importantes da parede celular são celulose, hemicelulose e as substâncias pécicas, embora proteínas, lignina, água, cutina, suberina e outros compostos que variam de acordo com as espécies vegetais também se encontrem presentes (CHITARRA; CHITARRA, 2005). O amadurecimento dos frutos corresponde a uma série de eventos bioquímicos, fisiológicos e estruturais que os torna apto para o consumo. O amaciamento acompanha o amadurecimento concomitantemente a um incremento na solubilização de pectinas da parede celular.

Observou-se interação significativa entre o tratamento utilizado e o tempo de armazenamento para os teores de poliurionídeos, hemicelulose e celulose da parede celular ($p < 0,05$).

Foi observado, durante o armazenamento dos frutos, um decréscimo nos poliurionídeos (Figura 11), concordando com o aumento da pectina solúvel. Maiores valores deste componente foram verificados nos frutos tratados com 900 nL. L⁻¹ de 1-MCP, a partir 40º dia de armazenamento. Já os frutos controle apresentaram-se valores inferiores. O 1-MCP inibiu a degradação das cadeias de

poliuronídeos e, conseqüentemente, a atividade de enzimas responsáveis por esta degradação. Comportamento semelhante foi constatado por Morais (2005), em sapoti e por Jeong, Huber e Sargente (2002), em abacates.

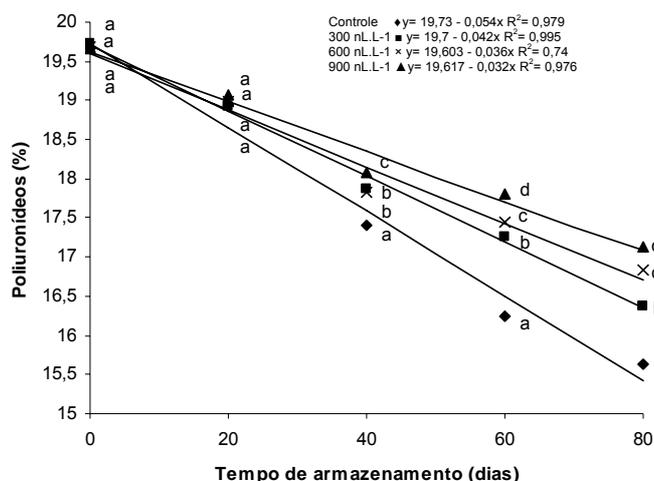


Figura 11 Alterações nos valores de poliuronídeos (%) em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Na avaliação da hemicelulose do caqui 'Fuyu', os valores, no transcorrer do armazenamento, reduziram acentuadamente. Os frutos tratados com as maiores doses (600 e 900 nL. L⁻¹ de 1-MCP) apresentaram maior teor de hemicelulose do que os frutos controle e tratados com 300 nL. L⁻¹, indicando inibição parcial na degradação da hemicelulose devido à utilização do 1-MCP (Figura 12).

As hemiceluloses são polissacarídeos flexíveis constituídos por açúcares neutros que, caracteristicamente, ligam-se à superfície da celulose e interagem com as substâncias pécticas (TAIZ; ZEIGER, 2004). Durante o amadurecimento, a hemicelulose tende a diminuir e uma das possíveis causas da

redução nestes valores pode ser um aumento da atividade das enzimas responsáveis pela degradação hemicelulósica, tais como endo-glucanases, beta-glucanases e beta-galactosidase.

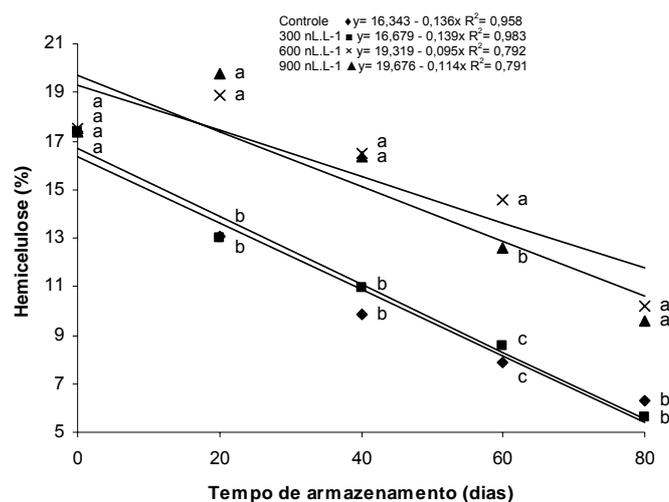


Figura 12 Alterações nos valores de hemicelulose (%) em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

A hemicelulose é um grupo heterogêneo de polissacarídeos, constituído por açúcares neutros que se ligam à superfície da celulose. Elas podem formar correntes que reúnem microfibrilas de celulose em uma rede coesa ou podem funcionar como um revestimento deslizante, para impedir o contato direto entre microfibrilas (REDGWELL; FISCHER, 2002).

Vários trabalhos têm sido realizados no intuito de verificar a influência do 1-MCP na redução do teor de hemicelulose. Morais et al. (2006) verificaram que o teor de hemicelulose no decorrer do armazenamento decresceu e os sapotis tratados com 1-MCP apresentaram maiores valores, resultados estes condizentes com o do presente trabalho. Pires (2009) também constatou diminuição da

atividade hemicelulósica em tomates tratados com ácido húmicos, durante o amadurecimento.

O mesmo comportamento foi verificado para a variável celulose nos frutos controles e tratados com 300 nL. L⁻¹ de 1-MCP e essa queda nos valores de celulose coincide com a da hemicelulose (Figura 13).

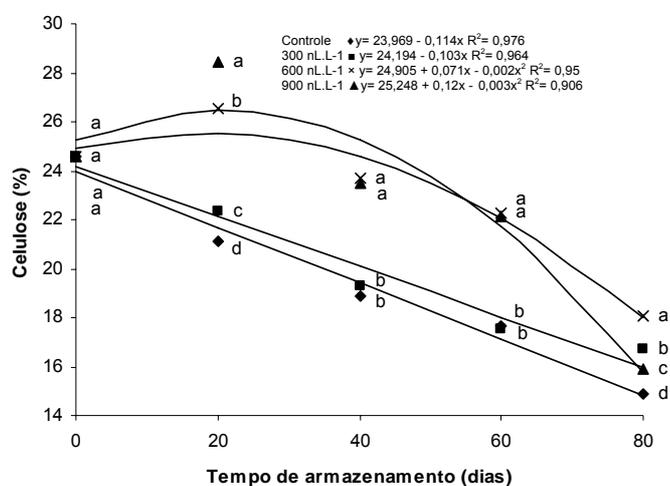


Figura 13 Alterações nos valores de celulose (%) em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Tal fato pode ser explicado pelo fato de as fibrilas de celulose serem unidas por pontes de hidrogênio, responsáveis pela interação da celulose com a hemicelulose (FRY, 1986). No presente trabalho, o teor de celulose alcançou 26% nos frutos, valores este inferior ao do tomate (51,54%), avaliado por Pires (2009) e o da goiaba (36,28%), avaliada por Carvalho (1999).

No presente estudo, os açúcares neutros predominantes na parede celular dos frutos em todos os tratamentos independentemente do tempo de

armazenamento, foram glucose, seguida por galactose, manose, arabinose, xilose e ramnose (Figura 14).

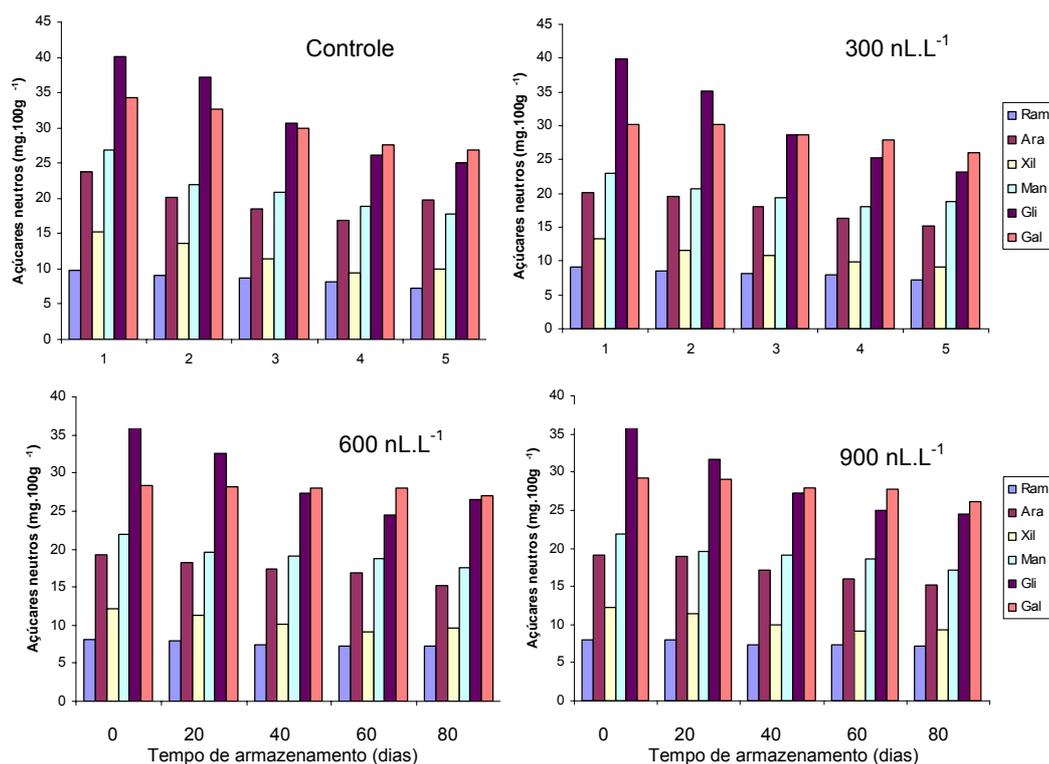


Figura 14 Concentrações de açúcares neutros em caqui 'Fuyu' submetido a 1-MCP e armazenado sob refrigeração.

Arabinose e galactose são componentes principalmente de polissacarídeos pécnicos. No entanto, xilose, glucose e manose são constituintes principais da fração hemicelulósica. Em trabalhos realizados com sapoti, Morais (2005) verificou que os açúcares neutros predominantes foram xilose, arabinose,

galactose e glucose. Pires (2009) encontrou a glucose como o açúcar predominante do tomate e Vilas-Boas et al. (2000), avaliando a maturação pós-colheita de tomate, constataram, também no tomate, o predomínio da xilose.

Com o decorrer do armazenamento foi possível notar que os açúcares neutros em geral tenderam a diminuir (Figura 14), concordando com os resultados de outros estudos em vários frutos (LIMA, 1999). Em alguns trabalhos sugere-se que essa perda de açúcares neutros da parede celular é um indicativo de um elevado grau de despolimerização das pectinas (FISCHER; ARRIGONI; AMADO, 1994).

Essa tendência ainda pode ser explicada pelo amaciamento que ocorreu com os frutos, sendo este marcado por uma substancial perda de sua firmeza, ditada por mudanças no metabolismo dos carboidratos da parede celular (LABAVITCH, 1981). O amaciamento é marcado por um incremento na solubilização das substâncias pécticas e uma perda líquida de açúcares neutros não celulósicos (GROSS; SAMS, 1984).

Durante o amadurecimento dos frutos, foi verificada alteração nos componentes da parede celular, devido à facilidade que o caqui apresenta em amolecer. Porém, ainda são poucos os trabalhos realizados com este fruto em relação às modificações da parede celular. As alterações constatadas nos componentes da parede celular, no presente estudo, podem explicar, em parte, a redução na firmeza dos frutos.

4 CONCLUSÃO

Sob as condições experimentais estudadas, pode-se concluir que as doses utilizadas de 1-MCP foram eficientes no controle do amadurecimento, por aumentar em 20 dias a vida útil do caqui 'Fuyu'.

O tratamento retardou a perda de massa, a firmeza, o valor L* e a*, os açúcares totais, a vitamina C, a pectina solúvel e os componentes da parede celular (pectina, celulose e hemicelulose) dos frutos, comprovando que o amadurecimento iniciou-se mais cedo nos frutos controle.

Foram verificados aumento na acidez titulável dos frutos e diminuição nos valores de pH e atividade total antioxidante, durante o período de armazenamento, não havendo influência dos tratamentos utilizados.

Dentre os açúcares neutros presentes na parede celular, a glucose se destaca como predominante, independentemente do tratamento utilizado e do tempo de armazenamento.

REFERÊNCIAS

ASSMANN, A. P. et al. Armazenamento de caqui cv. Fuyu e laranja cv. pêra em atmosfera modificada sob diferentes temperaturas. **Synergismus Scyentifica**, Curitiba, v. 1, n. 1/4, p. 133-143, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17. ed. Washington, 2000. 1410 p.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, p. 330-334, 1962.

BLUM, J.; AYUB, R. A. Amadurecimento do caqui "Quioto" com 1-metilciclopropeno e armazenado a temperatura de $20\pm 4^{\circ}\text{C}$. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 56, n. 2, p. 119-123, mar./abr. 2009.

BLUM, J.; AYUB, R. A.; MALGARIM, M. B. Época de colheita e qualidade pós-colheita de caqui cv Fuyu com aplicação pré-colheita de ácido giberélico e aminoetoxivinilglicina. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 4, p. 830-833, dez. 2008.

BRACKMANN, A. et al. Armazenamento de maçãs 'Royal Gala' sob diferentes concentrações de etileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 39-41, 2000.

CARVALHO, A. V. et al. Emprego de ácido giberélico na conservação de caqui cv. Fuyu armazenado em atmosfera modificada sob refrigeração. **Revista da Universidade de Alfenas**, Alfenas, v. 4, n. 1, p. 121-126, jun. 1998.

CARVALHO, H. A. **Utilização da atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiabas Kumagai**. 1999. 115 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: FAEPE, 2005. 785 p.

CIA, P. **Efeito de atmosfera modificada no controle de podridões pós-colheita e na qualidade de caqui "fuyu**. 2002. 132 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

COCOZA, F. D. M. **Maturação e conservação de manga “Tomy Atkins” submetida à aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno**. 2003. 175 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 27, p. 507-528, 1976.

DANIELI, R. et al. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservação de caqui Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 44-48, abr. 2002.

DISCHE, E. Color reactions of carbohydrates. In: _____. **Methods in carbohydrates chemistry**. New York: Elsevier, 1962. v. 1, p. 477-512.

DONAZZOLO, J.; BRACKMANN, A. Armazenamento de caqui (*Diospyros kaki*, L.) cv. Quioto, em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 323-327, 2002.

FAGUNDES, A. F. **Avaliação da aplicação de aminoetoxivinilglicina e substâncias inibidoras do escurecimento pós-colheita em frutos de caqui Fuyu**. 2004. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

FAGUNDES, A. F.; AYUB, R. A. Caracterização físico-química de caqui cv. Fuyu submetidos a aplicação de agentes inibidores de escurecimento e armazenados a 0°C. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 27, n. 3, p. 403-408, 2005.

FERREIRA, D. F. **Sistema para Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999. 92 p.

FERRI, V. C.; ROMBALDI, C. V. Resfriamento rápido e armazenamento de caquis (*Diospyrus kaki*, L.), cv. Fuyu, em condições de atmosfera refrigerada e modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 36-39, 2004.

FISHER, M.; ARRIGONI, E.; AMADO, R. Changes in the pectic substance of apples during development and postharvest ripening. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 25, n. 3, p. 167-175, Mar. 1994.

FRY, S. C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cell walls of angiosperms. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, n. 37, p. 165-186, 1986.

GIRARDI, C. L. et al. Conservação de caqui (*Diospyros kaki*, L.), cv. *Fuyu*, pela aplicação de 1 metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 54-56, abr. 2003.

GONÇALVES, E. D. et al. Armazenamento refrigerado de caqui 'Fuyu' (*Diospyros kaki*) em atmosfera modificada com filme de polietileno. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 187-190, abr./jun. 2006.

GONZALEZ, A. F.; AYUB, R. A.; WERLANG, C. Controle da maturação de caqui cv. *Fuyu* tratados com aminoetoxivinilglicina e armazenados em temperatura ambiente. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 2, p. 231-233, abr./jun. 2005.

_____. Efeito de ethepon e embalagem de pvc na qualidade pós-colheita de caqui cv. *Fuyu* armazenado a 25°C. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Ponta Grossa, v. 10, n. 1, p. 21-26, abr. 2004.

GROSS, K. C.; SAMS, C. E. Changes in cell wall neutral sugar composition during fruit ripening: a species survey. **PhytoChemistry**, Oxford, v. 23, n. 11, p. 2457-2461, Nov. 1984.

HARIMA, S. et al. Extending shelf-life of astringent persimmon (*Diospyros kaki*, L.) fruits by 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p. 318-323, Jan. 2003.

HIRAI, S.; YAMAZAKI, K. Studies on sugar components of sweet and astringent persimmon by gas chromatography. **Journal of Japanese Society of Food Science Technology**, Tokyo, v. 31, n. 11, p. 24-30, Nov. 1984.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 181 p.

JEONG, J.; HUBER, D. J.; SARGENTE, S. Influence of 1-methylcyclopropene on ripening and cell wall matrix polysaccharides of avocado fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 25, n. 1, p. 241-256, Jan. 2002.

KUSKOSKI, M. K. Frutos tropicais silvestres e polpas de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, jul./ago. 2006.

LABAVITCH, J. M. Cell wall turnover in plant development. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, n. 32, p. 385-406, 1981.

LIMA, L. C. **Armazenamento de maçãs cv. Royal gala sob refrigeração e atmosfera controlada**. 1999. 96 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

LURIE, S.; WEKSLER, A. Effects of 1-methylcyclopropene on stone fruits. In: INTERNATIONAL POSTHARVEST SYMPOSIUM, 5., 2004, Verona. **Abstracts...** Verona: The Italian Postharvest Working Group, 2004. p. 5.

MANESS, N. O.; BRUSEWITZ, G. H.; MCCOLLUM, T. G. Internal variation in peach fruit firmness. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 8, p. 903-905, Aug. 1992.

MAO, L.; KARAFURT, Y.; HUBER, D. J. Incidence of water-soaking and phospholipid catabolism in ripe watermelon fruit: introduction by ethylene and prophylactic effects of methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 33, n. 1, p. 1-9, June 2004.

McCREADY, R. M.; McCOMB, E. A. Extraction and determination of total pectic materials in fruit. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1588, Dec. 1952.

MITCHAM, J. E.; CRISOSTO, C. H.; KADER, A. A. **Recommendations for maintaining postharvest quality**. Davis: University of California, 1998. 120 p.

MITCHAM, J. E.; McDONALD, R. E. Cell wall modification during ripening of "Keit" and "Tomy Atkins" mango fruit. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 117, n. 6, p. 914-924, Dec. 1992.

MORAIS, P. L. D. de. **Qualidade e bioquímica de parede celular de sapoti submetido ao 1-metilciclopropeno**. 2005. 144 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

MORAIS, P. L. D. de et al. Amadurecimento de sapoti (*Manilkara zapota* L.) submetido ao 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 369-373, 2006.

MOURA, M. A. et al. Efeito da embalagem e do armazenamento no amadurecimento do caqui. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 11, p. 1105-1109, nov. 1997.

NASSUR, R. C. M. R. **Qualidade pós-colheita de tomates tipo italiano produzidos em sistema orgânico**. 2009. 127 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, abr. 2002.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS-BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira de banana "Maçã". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, abr. 2005.

PINTO, J. A. V. et al. Temperatura, baixo oxigênio e 1-metilciclopropeno na conservação da qualidade de caqui 'Fuyu'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 5, p. 1287-1294, set./out. 2007.

PIRES, C. R. F. **Transformações químicas, físicas e bioquímicas de tomates submetidos à aplicação de ácidos húmicos e cultivados em diferentes substratos orgânicos**. 2009. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

REDGWELL, R. R.; FISCHER, M. Fruit texture, cell wall metabolism and consumer perception. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Sheffield: Academic, 2002. p. 89-106.

RODRIGUES, L. J. **Caracterização do desenvolvimento e processamento mínimo de pitaia nativa (*Selenicereus setaceus* Rizz.) do cerrado brasileiro**. 2010. 155 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: EMBRAPA, 2007. 4 p.

SENDER, S. D. et al. Sugar and non-volatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 4, p. 989-991, Apr. 1991.

SIRIPHANNICH, J. High CO₂ enhances fruit firmness during storage. **Journal Japanese Society Horticultural Science**, Tokyo, v. 67, n. 6, p. 1167-1170, Dec. 1998.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 484 p.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. (Ed.). **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 1993. p. 1-51.

VASCONCELOS, A. R. D. **Utilização de cloreto de cálcio e atmosfera modificada na conservação de caqui cv. Fuyu**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

VILAS-BOAS, E. V. B. et al. Modificações texturais de tomates heterozigotos no loco alcobaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1447-1453, jul. 2000.

WATKINS, C. B. Ethylene sintesis, mode of action consequences and control. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Columbus: CRC, 2002. p. 389-409.

CAPÍTULO 3

Irradiação de caqui 'Fuyu' minimamente processado

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de utilizar diferentes doses de irradiação sobre a qualidade física, química e microbiológica de caqui 'Fuyu', visando facilitar as etapas do processamento mínimo e o consumo, além de encontrar a dose ideal de irradiação que proporcione total segurança alimentar com relação aos microrganismos, ampliando, dessa forma, o período de vida útil dos frutos e mantendo as características de qualidade. Os frutos foram colhidos na região de Barbacena, MG e selecionados de acordo com o grau de maturação, tamanho, cor e ausência de injúrias. Posteriormente, foram transportados para o Laboratório de Fisiologia Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças da UFLA e lavados com detergente neutro e descascados manualmente, com posterior corte em quatro partes, utilizando-se facas afiadas para minimizar a agressão do corte. Posteriormente, foram acondicionados em embalagens rígidas de polipropileno e tampados com o mesmo material. Os frutos foram separados em quatro lotes e transportados para o CDTN-BH, para a realização da irradiação. Os frutos foram irradiados em doses de 0,1; 0,3 e 0,5 kGy. Após o processo, eles foram novamente transportados para a UFLA e armazenados, a $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e a $90\pm 5\%$ UR, por 12 dias. As avaliações de coliformes a 35° e a 45°C , pesquisa de *Salmonella* sp., fungos filamentosos e leveduras, microrganismos aeróbios psicrotróficos, perda de massa, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, cor (valor L^* e a^*), firmeza, vitamina C, atividade total antioxidantes e carotenoides totais foram realizadas a cada três dias de armazenamento. A dose utilizada de 0,1 kGy foi eficiente em controlar o crescimento dos microrganismos em caqui 'Fuyu' minimamente processado, sem prejudicar a qualidade dos frutos. Esses frutos prontos para o consumo encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

Palavras-chave: Irradiação. Processamento mínimo. Refrigeração.

ABSTRACT

This research aimed at using different doses of irradiation on the physical, chemical and microbiological quality of 'Fuyu' persimmon, to facilitate the processing steps and the minimum consumption, besides finding the optimal dose of radiation that provides total security with respect to food microorganisms, increasing thus the shelf-life of fruits and maintaining the quality. The fruits were harvested in the area of Barbacena - MG and selected according to the degree of maturity, size, color and no injuries were later transported to the laboratories of Postharvest Physiology of Fruits and Vegetables - UFLA. Were washed with detergent and manually peeled with a later cut into four pieces using sharp knives to minimize the aggression of the court. Later they were packaged in rigid polypropylene and covered with the same material. The fruits were divided into four lots, transported to the CDTN - BH to perform the irradiation. Fruits were irradiated at doses of 0.1, 0.3 and 0.5 kGy, after the process, they were again transported to UFLA and stored at 0 ± 1 ° C and $90 \pm 5\%$ RH for 12 days, estimated coliforms at 35 and 45 ° C for Salmonella sp., filamentous fungi and yeasts, psychrotrophic aerobic microorganisms, mass loss, pH, soluble solids, acidity, color (L * and a *), firmness, vitamin C and total activity of antioxidants, total carotenoids were performed every three days of storage. The dose of 0,1 kGy was effective in controlling the growth of microorganisms in persimmon 'Fuyu' fresh cut without impairing fruit quality. These fruits are ready for consumption within the standards set by law.

Keywords: Irradiacion. Fresh cut. Refrigeracion.

1 INTRODUÇÃO

Há uma tendência de maior conscientização dos consumidores em relação à importância dos produtos alimentícios para a manutenção da saúde. Esta percepção advém do destaque que os alimentos frescos vêm ocupando no quadro das preferências dos consumidores, o que tem provocado maior variabilidade desses produtos no mercado, bem como maior dinamização de esforços em toda a cadeia produtiva, no sentido de ofertar maior quantidade de alimentos e de melhor qualidade.

A popularidade de frutas e hortaliças frescas está aumentando, em detrimento da de produtos enlatados, por apresentarem boas fontes, principalmente de vitaminas, minerais, fibras e fitonutrientes. Atualmente, sabe-se que o processamento promove perdas significativas de nutrientes e que o produto fresco é mais saudável do que o enlatado ou congelado (KLEIN, 1987).

Qualquer que seja a variedade considerada, o fruto do caqui é quase só polpa. De aparência gelatinosa e fria, apresenta boas quantidades de vitaminas e minerais (PARK et al., 2004). O caqui é fonte de cálcio, fósforo e sódio e contém também vitaminas hidrossolúveis B₁ e B₂ (CORSATO, 2004). É uma fruta saborosa, que atende a diversos tipos de paladares, de acordo com a variedade consumida. Em sua composição é encontrado baixo teor de lipídeos e proteínas.

Uma alternativa para estimular o consumo desse fruto seria o processamento mínimo, que pode ser definido, segundo o International Fresh-Cut Produce Association - IFPA (2009), como qualquer fruta ou hortaliça ou, ainda, qualquer combinação delas, que tenha sido alterada fisicamente a partir de sua forma original, embora mantenha o seu estado fresco. Independentemente do tipo, ele é selecionado, lavado, descascado e cortado, resultando num produto 100% aproveitável que, posteriormente, é embalado ou pré-embalado.

Muitos fatores influenciam a qualidade de produtos minimamente processados, dentre eles os microbiológicos. Segundo Brackett (1987), os frutos e hortaliças *in natura* intactos são protegidos da invasão microbiana pela sua casca, podendo ser esperada a conservação de sua qualidade por muito mais tempo que em frutos e vegetais injuriados, como é o caso dos produtos minimamente processados.

A contaminação desses produtos ocorre durante as operações de corte e fatiamento, nos quais patógenos presentes na superfície da matéria-prima ou nas mãos dos manipuladores passam para o produto (ROSA; CARVALHO, 2000). Assim, o manuseio sob condições inadequadas de higiene durante o processamento, associado aos danos nos tecidos e a higienização insatisfatória dos equipamentos contribuem para a elevação da população microbiana em vegetais. Tal fato aumenta o risco da presença de patógenos e de microrganismos deterioradores nesses produtos (FANTUZI; PUSCHAMANN; VANETTI, 2004).

Produtos minimamente processados são altamente perecíveis, devido à exposição de seus tecidos internos, causando aceleração no seu metabolismo em decorrência da referida alteração física. A combinação de tecido injuriado e aceleração no metabolismo contribui grandemente para a perda de qualidade do produto, afetando, conseqüentemente, sua vida de prateleira (DELIZA, 2000). O aumento na respiração e na produção de etileno pelos tecidos ocorre minutos após o corte, promovendo reações químicas e bioquímicas responsáveis pelas modificações da qualidade sensorial, bem como da nutricional (CHITARRA, 2000).

Existem, atualmente, diversos métodos que podem ser utilizados no intuito de diminuir essa carga microbiana de frutas e hortaliças minimamente processadas e estender a sua vida de prateleira. Um método bastante promissor é a aplicação da irradiação que consiste em submeter o produto, já embalado ou a

granel, a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante, por um tempo prefixado e impedir a divisão de células vivas, tais como bactérias e células de organismos superiores, ao alterar suas estruturas moleculares (GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS - GCIIA, 1999). Outras vantagens da irradiação são não deixar resíduos e não modificar as características do produto fresco, regras bem claras do processamento mínimo.

Logo, apesar dos aspectos positivos que tanto as frutas quanto as hortaliças minimamente processadas apresentam, convém destacar a importância de serem pesquisados os aspectos microbiológicos desses alimentos (OLIVEIRA; PICCOLI-VALLE, 2000).

Diante do exposto, este trabalho foi realizado com o objetivo de estender o período de vida útil do caqui 'Fuyu' minimamente processado e armazenado sob refrigeração, pelo uso de irradiação em diferentes doses.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento

Os frutos utilizados neste experimento eram provenientes de plantio comercial, no município de Barbacena, MG. A cultivar utilizada foi a 'Fuyu', sendo a colheita realizada em maio de 2008, no período da manhã, para minimizar perdas por transpiração, utilizando-se tesoura de poda.

Após a colheita, os caquis foram selecionados de acordo com o estágio de maturação. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas de plástico, forradas com espuma de poliestireno e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Inicialmente, os frutos foram lavados com detergente neutro em água corrente para a retirada do calor de campo e de sujidades da superfície. Foram, então, novamente selecionados quanto à maturação, à uniformidade de tamanho e à cor, à sanidade e à ausência de defeitos. Posteriormente, foram armazenados a 15°C, por 18 horas, até o início do processamento mínimo.

No dia seguinte, os frutos foram descascados manualmente com posterior corte em quatro fatias, utilizando-se facas afiadas para minimizar a agressão do corte. Posteriormente, foram acondicionados em embalagens rígidas de polipropileno e tampados com o mesmo material. Os frutos foram separados em quatro lotes, acondicionados em caixas de isopor de volume de 100 litros com gelo, hermeticamente fechadas e transportadas para o Centro de Desenvolvimento e Tecnologia Nuclear (CDTN), em Belo Horizonte, MG, para a realização da irradiação.

As mesmas condições foram utilizadas para os frutos controle, no intuito de provocar os mesmos estresses causados pela viagem, porém, esses frutos não

foram tratados. A irradiação consistiu na submissão dos frutos já embalados em uma sala fechada, sendo os raios gama liberados pela fonte cobalto-60, em doses de 0,1; 0,3 e 0,5 kGy, e os tempos de exposição de 2'57", 8'51" e 14'46", respectivamente.

Após submeter os frutos aos tratamentos, os mesmos foram transportados para o Laboratório de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA. Os caquis minimamente processados foram imediatamente armazenados em câmara fria, à temperatura de $0\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $90\pm 5\%$ UR, por 12 dias e as avaliações foram realizadas nos períodos de 0, 3, 6, 9 e 12 dias de armazenamento.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo os tratamentos dispostos em esquema fatorial 4x5, correspondente às quatro doses de irradiação (controle; 0,1; 0,3 e 0,5 kGy) e cinco tempos de armazenamento (0, 3, 6, 9 e 12 dias). Cada parcela experimental foi composta por três embalagens contendo seis partes do fruto em cada.

2.2 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de Microbiologia de Alimentos do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA, segundo as metodologias propostas pelo International Commission on Microbiological Specification for Foods Method - ICMSFM (1983) e Silva et al. (2007).

2.2.1 Preparo das amostras

Amostras de 25g de cada produto foram retiradas e, em seguida, foi feita a homogeneização, em 225 mL de água peptonada 1% (p/v) esterilizada e realizadas diluições decimais em séries consecutivas, para proceder às análises

microbiológicas. Todos os tratamentos foram homogeneizados em liquidificador doméstico, durante um minuto, com copo previamente sanificado com etanol (70%). Em seguida, foram feitas as diluições para a inoculação nos diferentes meios de cultura utilizados.

2.2.2 Quantificação de coliformes a 35°C e a 45°C

Os coliformes a 35°C foram quantificados utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP). O teste presuntivo foi realizado com a inoculação de alíquotas de 1 mL das diluições adequadas da amostra em quatro séries de três tubos, contendo tubos de Durhan e o meio de cultura caldo lauril sulfato triptose (LST); os tubos foram incubados em estufa, a 35°C, por 48 horas. Foram considerados tubos positivos para coliformes a 35°C aqueles que apresentassem turvação e formação de gás. Os resultados foram expressos em NMP/g. Os coliformes a 45°C foram quantificados usando-se, também, a técnica do NMP. As alíquotas foram transferidas dos tubos positivos do teste presuntivo de coliformes a 35°C, com auxílio de uma alça de repicagem para tubos contendo o meio de cultura caldo *Escherichia coli* (EC), adicionados de tubos de Durhan. Os tubos foram incubados em banho-maria, a 45°C, por 48 horas e foram considerados positivos aqueles que apresentaram turvação e formação de gás. Os resultados foram expressos em logaritmo decimal por grama (log NMP/g).

2.2.3 Determinação de *Salmonella* sp.

Foram pesados 25 g de amostra e adicionados em erlenmeyers contendo 225 mL de água tamponada, e incubados, a 37°C, por 18 horas. Posteriormente, realizou-se o enriquecimento da amostra utilizando-se os caldos tetrionato e rapaport, com incubação, a 37°C, por 24 horas. Para o plaqueamento, foi utilizado o meio Rambach, incubado a 37°C, por 24 horas. Colônias suspeitas foram isoladas e transferidas para tubos contendo ágar ferro

tríplice açúcar (TSI) e ágar lisina de ferro (LIA), sendo incubados, a 37°C, por 24 horas e, posteriormente, submetidos a provas bioquímicas.

2.2.4 Quantificação de fungos filamentosos e leveduras

Os fungos e as leveduras foram quantificados pelo método de plaqueamento em superfície, dispensando nas placas alíquotas de 1 mL das diluições adequadas. Utilizou-se meio ágar batata dextrose (BDA) acidificado com ácido tartárico a 10% (p/v). As placas foram incubadas em estufa BOD, a 25°C, por cinco dias. Após esse período, foram realizadas as contagens e os resultados foram expressos em logaritmo decimal das unidades formadoras de colônia por grama (log UFC/g).

2.2.5 Quantificação de microrganismos aeróbios psicrotróficos

Os microrganismos aeróbios psicrotróficos foram quantificados pelo método de plaqueamento em superfície, dispensando-se nas placas alíquotas de 1 mL das diluições adequadas. Foi utilizado o meio ágar para contagem padrão (PCA), sendo as placas incubadas em estufa BOD, a 7°C, por 10 dias. Após este período, foram feitas as contagens e os resultados foram expressos em logaritmo decimal das unidades formadoras de colônia por grama (log UFC/g).

2.3 Análises físicas e químicas

Estas análises foram realizadas no Laboratório de Pós-colheita de Frutos e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da UFLA e na Embrapa – CTAA, no Rio de Janeiro.

2.3.1 Preparo das amostras

Inicialmente, foram realizadas as determinações de cor e firmeza em

partes distintas da superfície da polpa do caqui minimamente processado em fatias. Posteriormente, amostras de 10g de cada produto foram retiradas e, em seguida, feita a homogeneização, em 50 mL de água destilada, utilizando-se um politron. O homogenato foi filtrado em tecido de organza, sendo utilizado o filtrado para a determinação de pH, sólidos solúveis e acidez titulável. Amostras foram congeladas em nitrogênio líquido, para a realização das demais análises.

2.3.1.1 Perda de massa

Determinou-se a perda de massa, pesando-se os produtos já embalados prontos para o consumo, contendo seis fatias em cada embalagem, em balança semianalítica. Os resultados foram expressos em percentagem, considerando-se a diferença entre a massa inicial do fruto e aquela obtida a cada intervalo de tempo de amostragem.

2.3.1.2 Coloração

Determinou-se a coloração com o auxílio do colorímetro Minolta, modelo CR-400, com iluminante D₆₅ e no sistema CIE L* e a*. A coordenada L* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca); a coordenada a* pode assumir valores de -80 a +100, em que os extremos correspondem ao verde e ao vermelho, respectivamente. As leituras foram feitas em três pontos aleatórios das fatias do fruto de cada repetição.

2.3.1.3 Firmeza

A firmeza foi determinada em três pontos da superfície da fatia de caqui, com o auxílio de um texturômetro modelo TAXT2i, utilizando-se a sonda P/3N, que mediu a força de penetração desta nos frutos, à velocidade de 5mm/s e distância de penetração de 5 mm, valores estes previamente fixados. Foi

utilizada uma plataforma HDP/90 como base. A firmeza do caqui foi expressa em Newton (N).

2.3.1.4 pH, sólidos solúveis e acidez titulável

As análises de pH, sólidos solúveis (SS) e acidez titulável (AT) foram realizadas em homogenato filtrado, após trituração da polpa do fruto em homogeneizador de tecidos na proporção 1:5 (10 g da polpa diluídos em 50 mL de água destilada). A determinação de AT (% de ácido málico) foi realizada por titulação com solução de NaOH 0,1N, utilizando como indicador a fenolftaleína (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985). O pH foi determinado utilizando-se um pHmetro Tecnal (Tec 3MP), segundo a Association of Official Agricultural Chemists - AOAC (2000). Os SS foram determinados por refratometria, utilizando-se refratômetro digital Atago PR-100, com compensação de temperatura automática a 25°C (AOAC, 2000).

2.3.1.5 Vitamina C

O teor de ácido ascórbico (após a oxidação a ácido dehidroascórbico) foi determinado pelo método colorimétrico, utilizando-se 2,4 dinitrofenilhidrazina, segundo Strohecker e Henning (1967). Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100g de polpa.

2.3.1.6 Atividade antioxidante total

A determinação da atividade antioxidante total foi realizada segundo o método de Rufino et al. (2007), pelo sequestro do radical DPPH e expressa em mg DPPH.100g fruto⁻¹.

2.3.1.7 Carotenoides totais

A determinação por cromatografia líquida de alta eficiência foi realizada utilizando metodologia descrita por Rodriguez-Amaya e Kimura (2004). As amostras homogeneizadas foram extraídas com a mesma quantidade de celite e acetona pura em quantidade indeterminada até o resíduo ficar incolor. Foi feita a filtração em funil de Buchner, transferindo o extrato para o funil de separação contendo éter de petróleo. Para a remoção total da acetona e a transferência dos carotenoides para o éter de petróleo, foi feita uma lavagem com água destilada por, aproximadamente, 6 vezes. Após a lavagem, houve separação do extrato de éter de petróleo (fase superior) e a água (fase inferior) no funil de separação, sendo a água descartada. Filtrou-se o extrato em funil com algodão e sulfato de sódio. Posteriormente, foi feita a saponificação, adicionando-se KOH 10% em metanol, sendo a quantidade proporcional ao volume do extrato, colocando um pouco de BHT 0,1% e deixando-se em repouso por 16 horas em local escuro. No dia seguinte, houve duas fases, uma de éter de petróleo com carotenoides e outra de solução e KOH 10% em metanol com carotenoides. Separaram-se as duas fases colocando-se uma parte da fase metanólica em outro funil de separação com 100 ml de uma solução de éter de petróleo e éter etílico. Fez-se uma lavagem com água e descartou-se a fase metanólica. Foi adicionada outra parte da fase metanólica, realizando-se lavagem com água e descartando-se a fase metanólica. Repetiu-se o procedimento até acabar a fase metanólica, sempre verificando se o pH da água de lavagem estava neutro. Em seguida, foi lavada a fase etérea. Após as lavagens das fases, juntou-se e nova filtração foi realizada, utilizando-se algodão e sulfato de sódio.

Foi utilizado um cromatógrafo líquido de alta eficiência, equipado com bomba quaternária, 'degasser in line' a vácuo, detector UV visível com arranjos de diodos e coluna monomérica C18. A fase móvel, constituída de acetonitrila, metanol e acetato de etila, na proporção de 60:20:20, foi utilizada a um fluxo de

0,5 mL/min, em condições isocrática. A detecção dos picos foi feita no comprimento de onda de absorção máxima dos carotenoides totais.

2.4 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR 4.3 (FERREIRA, 1999). Após a análise de variância dos resultados obtidos, observou-se o nível de significância do teste F. As médias dos períodos de avaliação foram submetidas à regressão polinomial, em que os modelos foram selecionados de acordo com a significância do teste F de cada modelo e com o coeficiente de determinação. No teste de aceitabilidade, as médias dos tratamentos, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises microbiológicas

Considerando que, no país, ainda não existe uma legislação específica para os produtos minimamente processados, a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), do Ministério da Saúde, estabelece, para frutas frescas *in natura*, preparadas (descascadas ou selecionadas ou fracionadas), sanificadas, refrigeradas ou congeladas, para consumo direto, o limite máximo de 5×10^2 NMP/g (2,7 ciclos log) de coliformes a 45°C e a ausência de *Salmonella* em 25 g de produto.

As análises de coliformes a 35°C e 45°C e a pesquisa de *Salmonella* sp. foram realizadas com o objetivo de verificar a qualidade e a segurança microbiológica dos caquis minimamente processados com base no padrão microbiológico especificado por esta resolução, considerando-se, ainda, coliformes a 35°C e 45°C como microrganismos indicadores. Estes, quando presentes em um alimento, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal e sobre a provável presença de patógenos.

Neste experimento, não foi detectada a presença de coliformes a 35° e a 45°C, bem como *Salmonella* sp. em nenhuma das amostras analisadas, inclusive as não tratadas por irradiação, durante o período de armazenamento de caqui 'Fuyu' minimamente processado. Logo, os resultados obtidos estavam dentro dos padrões preconizados pela legislação brasileira, em todo o período de armazenamento.

Pode-se notar que a ausência do grupo coliformes totais, inclusive no grupo dos frutos controles, está certamente relacionada com o binômio

irradiação-frio, já que os representantes deste grupo não apresentam muita resistência aos dois procedimentos adotados (SILVA, 2000).

Esses dados apontam para manipulação e condições higiênico-sanitárias satisfatórias durante as etapas de processamento mínimo do caqui. Frutas e hortaliças frescas são geralmente incriminadas como veículos de enfermidades alimentares de origem fecal pela presença de *Escherichia coli* e *Salmonella* sp., oriundas de água de irrigação e/ou presença de dejetos no solo ou nos fertilizantes ou, ainda, decorrente do manuseio inadequado, deficiência nos processos de limpeza e sanitização durante o processamento (GANGLIARDI; KARNS, 2000).

Lima et al. (2003), avaliando a qualidade microbiológica de cenouras minimamente processadas acondicionadas em embalagens com atmosfera modificada e tratadas com irradiação, encontraram resultados semelhantes ao do presente trabalho, em que não foi verificada, durante o período estudado, contaminação por coliformes a 35° e a 45°C e *Salmonella* sp.

Observaram-se, ao longo do armazenamento, baixas contagens de fungos filamentosos e leveduras e microrganismos aeróbios psicrotróficos. A contagem total desses microrganismos foi influenciada significativamente pela interação entre tratamentos e tempo de armazenamento ($p < 0,05$).

Observou-se, para a variável fungos filamentosos e leveduras, que o tratamento controle promoveu maiores valores desses microrganismos em relação aos frutos tratados e que, no decorrer do armazenamento, essa contaminação aumentou linearmente, alcançando $1,87 \log_{10} \text{UFC.g}^{-1}$, no final do período estudado. Já as doses utilizadas não diferiram entre si e se mostraram efetivas no controle desse microrganismo (Figura 1).

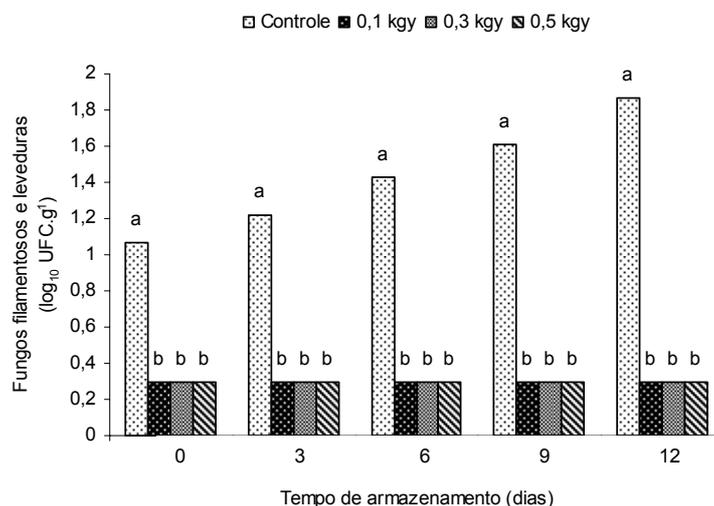


Figura 1 Contagem de fungos filamentosos e leveduras (\log_{10} UFC.g⁻¹) em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Resultados semelhantes foram observados por Gianonni (2004), que avaliou a qualidade de mamão minimamente processado irradiado, verificando que, para a variável fungos filamentosos e leveduras, maiores contagens foram evidenciadas nos frutos não tratados e que a população desses microrganismos se elevou com o armazenamento. Resultados semelhantes também foram verificados por Escalona et al. (2010), em espinafre.

Embora não sejam especificados padrões para fungos filamentosos e leveduras em produtos vegetais frescos para o consumo na RDC n° 12 (BRASIL, 2001), recomendações são feitas para que eles apresentem índices maiores que 10^2 , que irão refletir na sua qualidade final (ROSA, 2002). As altas contagens de fungos e leveduras refletem principalmente as condições inadequadas de armazenamento dos produtos, uma vez que estes fazem parte de

uma microbiota epífita, oriunda do local de plantio desses vegetais. As condições de temperatura e manuseio durante a produção e transporte dos vegetais, assim como de umidade e aeração no interior das embalagens, irão determinar sua qualidade final.

De acordo com o gráfico da Figura 2, em caqui minimamente processado a variável microrganismos aeróbios psicrotróficos determinou índices mais altos nos frutos não tratados e na dose de 0,1 kGy, quando comparada com as demais doses utilizadas.

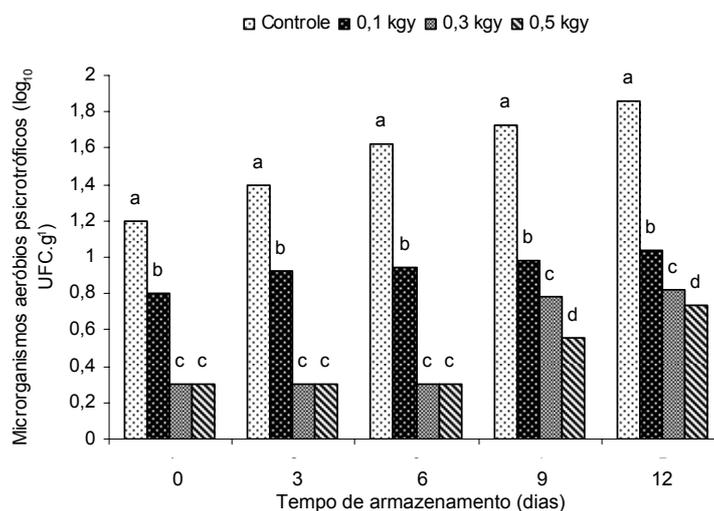


Figura 2 Contagem de microrganismos aeróbios psicrotróficos ($\log_{10}\text{UFC.g}^{-1}$) em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Os valores encontrados tenderam a aumentar significativamente com o período de armazenamento, o que é atribuído à capacidade desses microrganismos de se desenvolverem em ambientes refrigerados. Já os frutos irradiados com doses de 0,3 e 0,5 kGy apresentaram baixas contagem no início

do armazenamento, tendo, a partir do 9º dia, sido observado um aumento nas contagens destes tratamentos ate alcançar o 12º dia.

Os microrganismos psicrotróficos são de especial importância para as frutas e hortaliças minimamente processadas, podendo crescer em temperaturas baixas, como a da refrigeração (WILEY, 1997). Não existe uma legislação em relação a esses microrganismos para vegetais minimamente processados, tendo sido utilizada, no presente trabalho, a recomendação feita por Morton (2001), com valores máximos permitidos na ordem de 10^5 a 10^6 UFC.g⁻¹, para vegetais congelados e similares.

Tanto as contagens de fungos filamentosos e leveduras quanto aeróbios psicrotróficos apresentaram reduzidos valores desses microrganismos durante todo o período de armazenamento, o que pode sugerir manipulação e condições higiênico-sanitárias satisfatórias durante o processamento do caqui 'Fuyu'.

3.2 Análises físicas e químicas

3.2.1 Perda de massa

Produtos minimamente processados são mais susceptíveis à perda de massa do que frutos *in natura*, devendo-se este fato à ausência da casca protetora. Sem a casca, os tecidos dos frutos ficam mais vulneráveis à contaminação e com metabolismo acelerado. Essas alterações provocadas nos tecidos elevam a transpiração, provocando perda na textura, na aparência (como murchamento e enrugamento), no frescor e na qualidade nutricional (KADER, 2002).

Conforme os dados apresentados na Figura 3, houve diferenças estatísticas entre os tratamentos para perda de massa ao longo do período de armazenamento ($p < 0,05$). Os frutos não tratados apresentaram maior perda de

massa, quando comparados com os frutos irradiados, visto que as doses de irradiação utilizadas não diferiram entre si. Os valores de perda de massa tenderam a aumentar ao longo do armazenamento, tendo sido verificado, nos frutos controle, maior perda de massa, os quais, ao final do período estudado (12 dias), alcançaram 1,73%.

Apesar de apresentarem diferenças estatísticas significativas, essa perda pode ser considerada mínima, pois não ultrapassaram 2% do peso inicial, não comprometendo a qualidade do produto. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), as frutas e hortaliças, mesmo quando mantidas em condições ideais, sofrem alguma perda de massa durante ao armazenamento, devido ao efeito combinado da respiração e transpiração.

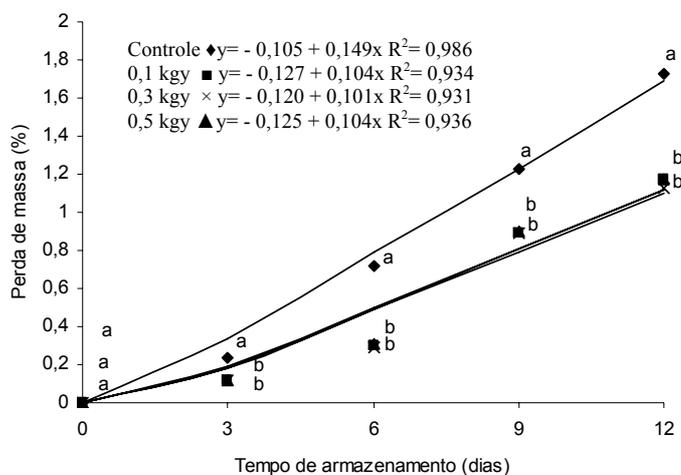


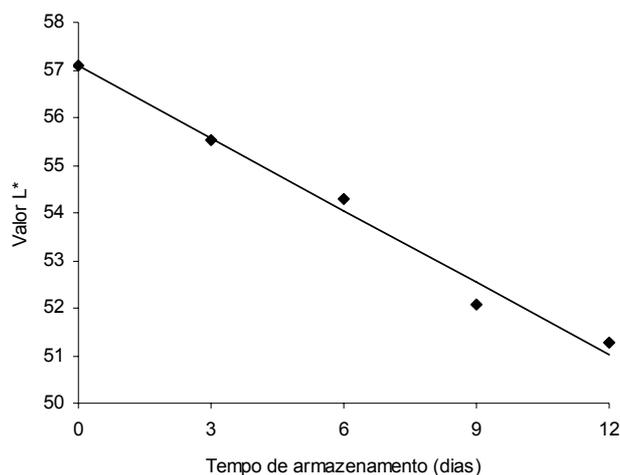
Figura 3 Valores de perda de massa (%) em caqui 'Fuyu' minimamente processado, submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Oliveira Júnior et al. (2000), avaliando a qualidade de mamão minimamente processado submetido à irradiação, também verificaram comportamento semelhante ao do presente trabalho, em que menores valores de perda de massa foram encontrados nos frutos tratados.

Maxie, Sommer e Mitchell (1971) relataram que a irradiação pode aumentar a permeabilidade de membranas, incrementar a atividade metabólica e romper ligações intercelulares, além de aumentar a transpiração do produto. Porém, o presente estudo não foi influenciado pelas doses utilizadas, concordando com os resultados de Pimentel (2001). Alguns autores afirmaram que, dependendo da dose de irradiação, pode-se estender o período de vida útil em vez de causar injúrias (ARTES-HERNANDEZ et al., 2010; RUBIRA et al., 2005).

3.2.2 Valor L* e a*

A cor dos caquis minimamente processados (valor L* e a*) foi influenciada significativamente apenas pelo fator tempo de armazenamento ($p < 0,05$). O valor L* representa quão clara ou escura é a amostra, com valores variando de 0 (totalmente preta) a 100 (totalmente branca). Assim, ao longo do armazenamento, observou-se tendência de redução para a variável L*, de 57,09 para 51,26, comprovando um escurecimento do fruto durante este período, não tendo sido detectada diferença estatística entre as doses de irradiação avaliadas (Figura 4).

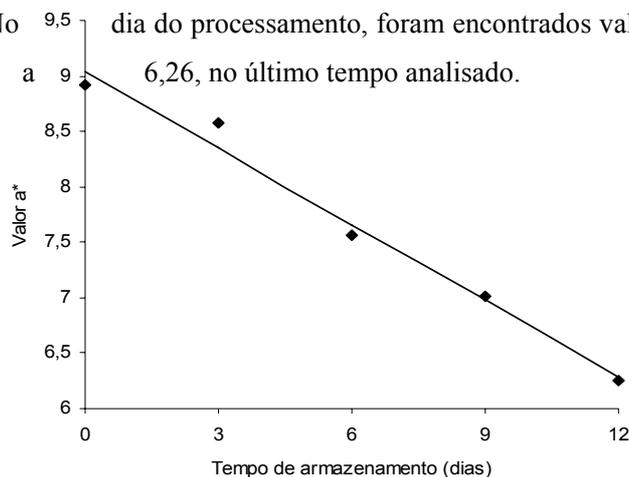


$$\diamond y = 57,076 - 0,504x \quad R^2 = 0,986$$

Figura 4 Alterações no valor L* em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Comportamento semelhante foi observado por Marrero e Kader (2006), ao avaliarem o efeito de diferentes temperaturas na qualidade de abacaxi 'Smooth Cayenne' e por Iemma (2001), ao estudar a qualidade de diferentes doses de radiação gama na conservação de mandioquinha salsa minimamente processada e embalada a vácuo. Vilas-Boas e Kader (2007), estudando o efeito do 1-metilciclopropeno em pedaços de caqui, verificaram que o valor de L* decresceu durante o período estudado.

O valor de a* corresponde à variação do verde ao vermelho. No decorrer do período estudado, os frutos não apresentaram diferenças estatísticas entre os tratamentos avaliados, apresentando um decréscimo linear nesses valores ao longo do armazenamento. Esse fato é atribuído à perda da coloração alaranjada (Figura 5). No 9.º dia do processamento, foram encontrados valores de 8,92, reduzindo a 6,26, no último tempo analisado.



$$\diamond y = 9,039 - 0,229x \quad R^2 = 0,984$$

Figura 5 Alterações no valor de a^* em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Igual, Casello e Ortola (2007), trabalhando com caqui das cultivares Rojo Brillante e Picudo, observaram tendência de decréscimo no valor de a^* dos frutos, durante o período de armazenamento. Os valores observados no presente estudo estão de acordo com o relatado por estes autores, que encontraram valores variando de 4,5 a 15,6, nas cultivares estudadas.

3.2.3 pH, sólidos solúveis e acidez titulável

Para as variáveis pH e sólidos solúveis verificou-se interação entre o tratamento utilizado e o tempo de armazenamento ($p < 0,05$). Foi observado, durante o período de armazenamento, que o pH tendeu a um ligeiro acréscimo até o 3º dia, com posterior declínio no 12º dia. Foi verificada diferença estatística nos tratamentos utilizados, a partir do 3º dia, visto que, durante esse período, não houve uma dose específica satisfatória, havendo oscilações entre elas (Figura 6).

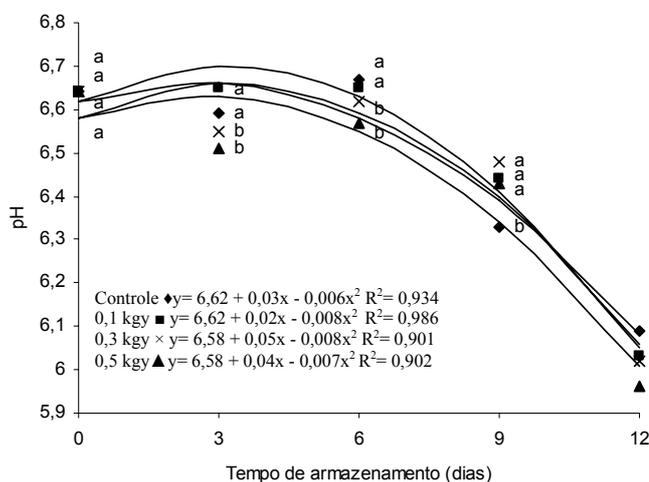


Figura 6 Valores de pH em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Os valores de pH encontrados variaram de 6,03 a 6,64, durante o tempo de armazenamento, nos diferentes tratamentos utilizados. Estes valores estão condizentes com os encontrados por Blum, Ayub e Malgarim (2008) e Vasconcelos (2000), que estudaram a qualidade pós-colheita de caqui 'Fuyu'.

O teor de sólidos solúveis encontrados em caqui minimamente processado oscilou durante o armazenamento refrigerado, tendo sido verificado um incremento nos teores desta variável, a partir do 9º dia. Diferenças estatísticas só foram verificadas a partir do 9º dia de armazenamento, para as doses de irradiação utilizadas, em que o tratamento controle apresentou menores teores de sólidos solúveis. Já no 12º dia, estes apresentaram maiores valores (Figura 7).

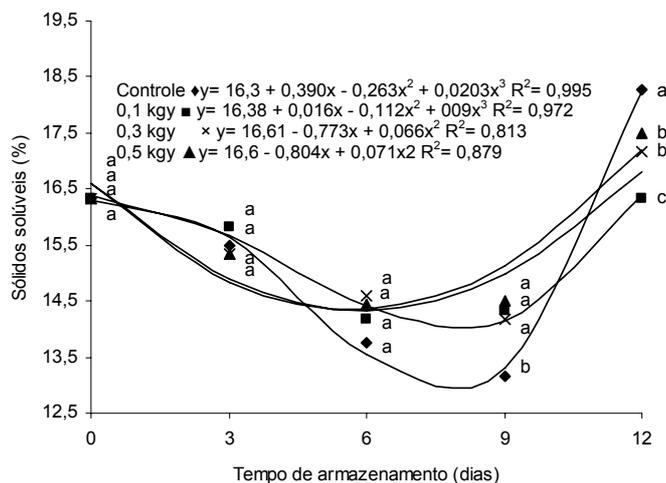


Figura 7 Valores de sólidos solúveis (%) em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Ergun e Ergun (2010), avaliando a vida de prateleira de caqui minimamente processado, verificaram, para a variável sólidos solúveis, oscilações durante os 9 dias de armazenamento e valor médio de 18,9°Brix, comportamento este semelhante ao encontrado no presente estudo.

A acidez titulável determinada em caqui MP não foi influenciada pelo tratamento utilizado, tempo de armazenamento, tampouco pela interação entre ambos os fatores. O valor médio observado foi de 0,10% de ácido málico, condizente com os relatados por Ergun e Ergun (2010) e Igual, Castello e Ortola (2007), trabalhando com caqui minimamente processado.

Comparado às outras frutas, o caqui apresenta baixa acidez, o que contribui para seu sabor adocicado. Segundo Fagundes (2004), o caqui apresenta acidez titulável entre 0,16% a 0,23% e o ácido málico é o principal ácido orgânico nele encontrado (PARCK et al., 2004). De acordo com o resultado obtido no presente trabalho, a acidez titulável encontra-se abaixo do citado por este autor.

3.2.4 Firmeza

A interação entre os fatores tratamento com irradiação e tempo de armazenamento foi significativa para a variável firmeza ($p < 0,05$). Ao longo do armazenamento, houve decréscimo linear da firmeza dos frutos, em todos os tratamentos utilizados (Figura 8). Entre os tratamentos, foi verificada diferença estatística a partir do terceiro dia de armazenamento. Caquis tratados com dose de 0,5 kGy apresentaram menor retenção da firmeza a partir do 6º dia de armazenamento.

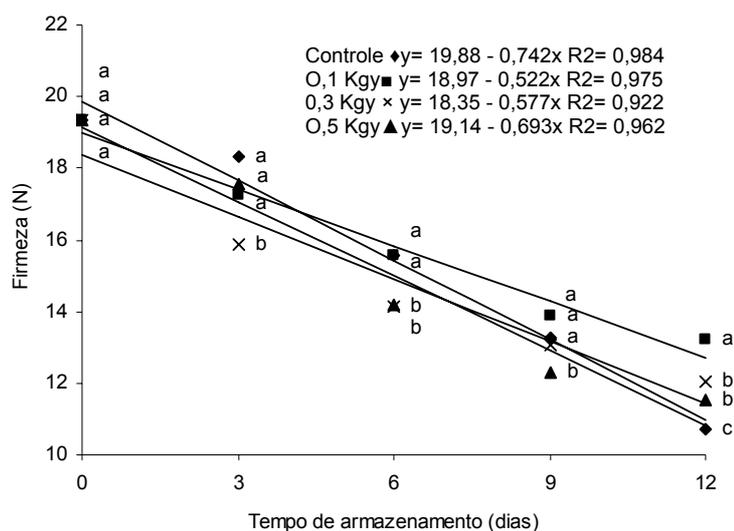


Figura 8 Alterações nos valores de firmeza (N) em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Vários autores já constataram que as menores doses de irradiação são as mais indicadas para manter as características de qualidade (FRATESCHI, 1999; THOMAS, 1986). Porém, Kader (1986) afirma que doses até 1,0 kGy são benéficas para manter a qualidade dos produtos minimamente processados.

Das alterações na firmeza da polpa, dois processos podem ser determinantes: a perda excessiva de água dos tecidos, que causa diminuição da pressão de turgor ou modificações na estrutura e composição da parede celular pela ação de numerosas enzimas que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Essas alterações ainda são mais intensas em frutas e hortaliças minimamente processadas nas quais, durante o processamento mínimo, ocorrem a retirada da casca e o corte, aumentando a taxa respiratória e a transpiração do produto.

3.2.5 Vitamina C, atividade antioxidante total e carotenoides totais

O teor de vitamina C e a atividade antioxidante do presente trabalho foram influenciadas significativamente apenas pelo fator tempo de armazenamento ($p < 0,05$), variando de $73,94 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ a $11,43 \text{ mg DPPH} \cdot 100\text{g fruto}^{-1}$, no dia do processamento. Houve uma redução gradual nos seus valores com a evolução do período de armazenamento. Aos 12 dias, esses valores foram de $56,78 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ e $10,44 \text{ mg DPPH} \cdot 100\text{g fruto}^{-1}$, respectivamente (Figura 9A e B).

O teor de vitamina C do presente trabalho foi superior ao encontrado por Antonioli et al. (2001), que verificaram teor de $46,59 \text{ mg} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ao avaliarem o efeito de diferentes embalagens na qualidade de caquis 'Quioto' armazenado sob refrigeração. Esta contraposição pode ser explicada pelo uso da diferença entre as cultivares estudadas.

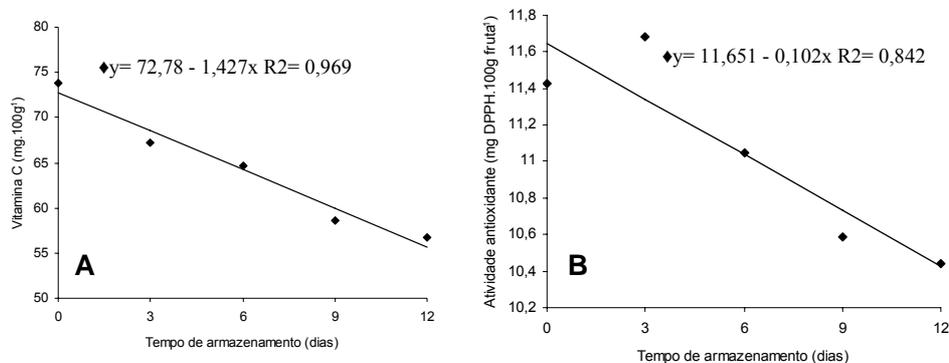


Figura 9 Alterações nos valores de vitamina C (mg.100g) (A) e atividade antioxidante total (mg DPPH.100g fruto⁻¹) (B) em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Normalmente, as etapas do processamento mínimo e seu posterior armazenamento podem favorecer a perda de nutrientes e compostos fitoquímicos (CANO et al., 2005). Entretanto, Gil, Aguayo e Kader (2006) mostraram que não existem mudanças significativas no teor de nutrientes importantes, como vitamina C (ácido ascórbico total) e vitamina A (carotenoides), devido ao processamento mínimo.

No presente trabalho, com o avanço do armazenamento, os teores de vitamina C e antioxidantes totais tenderam a diminuir, discordando do que foi citado por esses autores. Redução nos teores de vitamina C durante o armazenamento de produtos minimamente processados foi constatada também por Sarzi e Durigan (2002), em abacaxi e por Iuamoto (2009), em laranja, os quais estudaram o efeito do tipo de corte.

Chitarra (1999) atribui a maior perda de ácido ascórbico ao aumento da atividade enzimática, provocada pelo corte, além da exposição dos tecidos ao oxigênio. As frutas são uma das mais ricas fontes de vitaminas e minerais, nas

quais se destaca a vitamina C. Essa substância redutora é facilmente oxidada ao calor, a luz e ao oxigênio, podendo também ser perdida durante o manuseio dos produtos.

Roesler et al. (2007), avaliando o potencial antioxidante de diferentes frutos do cerrado (cagaita, araticum, pequi e outros), verificaram que estes apresentam grande potencial antioxidante proveniente de frações diversas das frutas, tendo cascas e sementes sido consideradas como melhores fontes.

Em relação à variável carotenoides, observou-se interação entre as doses de irradiação e o tempo de armazenamento ($p < 0,05$). No decorrer do tempo estudado, foi possível constatar que os frutos que não sofreram o tratamento com irradiação apresentaram maiores teores de carotenoides quando comparados com os frutos irradiados. Ao longo do armazenamento, foi verificado um declínio nos teores de carotenoides até o 6º dia, com posterior incremento, com exceção dos frutos controles, que reduziram linearmente até 12 dias de armazenamento (Figura 10).

A degradação mais acentuada foi constatada nos frutos tratados com irradiação, o que pode ser atribuído a oxidações ocorridas durante a aplicação da irradiação, visto que menores teores de carotenoides foram constatados a partir do 3º dia de armazenamento.

Os teores de carotenoides totais do presente estudo estão próximos aos encontrados por Danieli et al. (2002) que, ao verificarem os teores em caqui 'Fuyu', relataram valores médios de 2,40 $\mu\text{g/g}$ e por Ferri et al. (2002) que, ao avaliarem o controle da maturação de caqui 'Fuyu' com o uso de AVG e ácido giberélico, encontraram valores entre 1,56 a 2,51 $\mu\text{g/g}$.

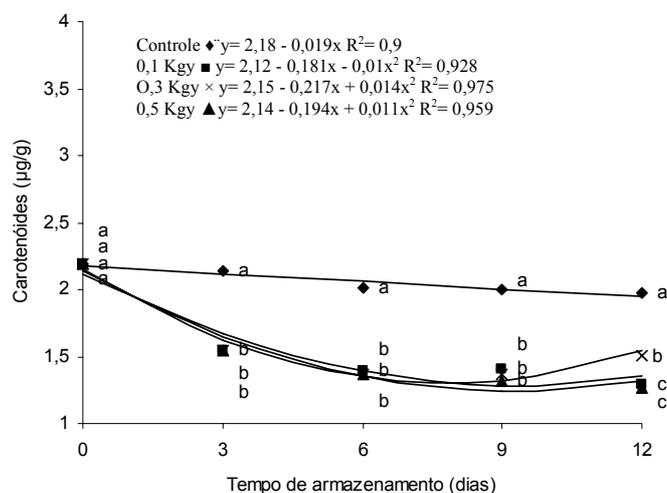


Figura 10 Alterações nos valores de carotenóides totais ($\mu\text{g/g}$) em caqui 'Fuyu' minimamente processado submetido a diferentes doses de irradiação e armazenado sob refrigeração.

Chitarra (1999) cita que o processamento mínimo favorece a perda de fitonutrientes, entre eles, os carotenóides. A redução nos teores desse pigmento foi comprovada pela redução do valor a^* em caqui 'Fuyu' minimamente processado. O comportamento observado para estas variáveis é condizente com os relatos por Pinto et al. (2007), com tangerina poncã minimamente processada.

4 CONCLUSÃO

A dose utilizada de 0,1 kGy foi eficiente em controlar o crescimento dos microrganismos em caqui 'Fuyu' minimamente processado, sem prejudicar a qualidade dos frutos. Esses frutos prontos para o consumo encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente.

REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, L. R. et al. Influência da embalagem de polietileno na remoção da adstringência e na qualidade de caquis cv. Quiombo, armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 2, p. 293-297, ago. 2001.
- ARTES-HERNADEZ, F. et al. Low UV-C illumination for keeping overall quality of fresh cut watermelon. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 55, n. 2, p. 114-120, Feb. 2010.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of the Association of the Agricultural Chemists**. 17. ed. Washington, 2000. 1410 p.
- BLUM, J.; AYUB, R. A.; MALGARIM, M. B. Época de colheita e qualidade pós-colheita de caqui cv Fuyu com aplicação pré-colheita de ácido giberélico e aminoetoxivinilglicina. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 21, n. 4, p. 830-833, dez. 2008.
- BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Westport, v. 10, n. 3, p. 195-206, Mar. 1987.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Resolução RDC n. 12**, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos. Brasília, 2001. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/resolucoes/>>. Acesso em: 12 fev. 2010.
- CANO, M. P. et al. Procesado mínimo y valor nutricional. In: GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; GARDEA, A. A.; CUAMEA-NAVARRO, F. (Ed.). **Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados**. Hermosillo: CIAD, 2005. p. 119-152.
- CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 113 p. (Textos Acadêmicos).
- _____. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 88 p. (Tecnologia e Treinamento Agropecuário, 10).
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: FAEPE, 2005. 785 p.

CORSATO, C. E. **Fenologia e carboidratos de reserva do caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) “Rama Forte” em clima tropical**. 2004. 42 p. Tese (Doutorado em Horticultura) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

DANIELI, R. et al. Efeito da aplicação de ácido giberélico e cloreto de cálcio no retardamento da colheita e na conservação de caqui Fuyu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 44-48, abr. 2002.

DELIZA, R. Importância da qualidade sensorial em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. 1 CD-ROM.

ERGUN, M.; ERGUN, N. Extending shelf life of fresh cut persimmon by honey solution dips. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 34, n. 1, p. 2-14, Feb. 2010.

ESCALONA, V. H. et al. UV-C doses to reduce pathogen and spoilage bacterial growth in vitro and in baby spinach. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 56, n. 6, p. 223-231, June 2010.

FAGUNDES, A. F. **Avaliação da aplicação de aminoetoxivinilglicina e substâncias inibidoras do escurecimento pós-colheita em frutos de caqui Fuyu**. 2004. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2004.

FANTUSI, E.; PUSCHMANN, R.; VANETTI, M. C. D. Microbiota contaminante em repolho minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 207-211, abr./jun. 2004.

FERREIRA, D. F. **Sistema para Análise de Variância para Dados Balanceados (SISVAR)**. Lavras: UFLA, 1999. 92 p.

FERRI, V. C. Controle da maturação de caquis ‘Fuyu’, com uso de aminoetoxivinilglicina e ácido giberélico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 344-347, 2002.

FRATESCHI, P. W. D. **Radiação gama com cobalto 60 na conservação pós-colheita de goiaba branca**. 1999. 141 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal de Goiás, Goiás, 1999.

GANGLIARDI, J. V.; KARNS, J. S. Leaching of Escherichia coli 0157:H7 in diverse soils under various agricultural management practices. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 66, n. 3, p. 877-883, Mar. 2000.

GIANONNI, J. A. **Irradiação gama e armazenamento do mamão “Formosa” minimamente processado**. 2004. 96 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

GIL, M. I.; AGUAYO, E.; KADER, A. A. Quality changes and nutrient retention in fresh-cut versus whole fruits during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 54, n. 12, p. 4284-4296, June 2006.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS. **Fichas descritivas**. Niterói, 1999. Não paginado.

IEMMA, J. **Efeito da radiação gama na conservação da mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) minimamente processada e embalada a vácuo**. 2001. 58 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

IGUAL, M.; CASTELLÓ, M. L.; ORTOLÁ, A. A. Influence of vacuum impregnation on respiration rate, mechanical and optical properties of cut persimmon. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 86, n. 3, p. 315-323, June 2008.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo, 1985. v. 1, 181 p.

INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOODS. **Técnicas de las análises microbiológicas**. Zaragoza: Acribia, 1983. 430 p.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION. **Fresh-cuts**. Disponível em: <<http://www.fresh-cuts.org>>. Acesso em: 29 mar. 2009.

IUAMOTO, M. Y. **Processamento mínimo de laranja pêra: tipo de corte, sanitização, centrifugação e atmosfera modificada**. 2009. 64 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

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

_____. Postharvest biology and technology: an overview. In: _____. **Postharvest technology of horticultural crops**. 2. ed. Davis: University of California, 2002. chap. 3, p. 15-20.

KLEIN, B. P. Nutritional consequences of minimal processing of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Connecticut, v. 10, n. 3, p. 177-193, June 1987.

LIMA, K. S. C. et al. Cenouras minimamente processadas em embalagens com atmosferas modificadas e tratadas com radiação gama: avaliação microbiológica, físico-química e química. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 240-250, maio/ago. 2003.

MARRERO, A.; KADER, A. A. Optimal temperature and modified atmosphere for keeping quality of fresh-cut pineapples. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 39, n. 2, p. 163-168, Feb. 2006.

MAXIE, E. C.; SOMMER, N. F.; MITCHELL, F. G. Chemical, economic, physical and physiological limitations to irradiation of fruits. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Disinfestation of fruits by irradiation**. Vienna: IAEA, 1971. p. 93-100.

MORTON, R. D. Aerobic plate count. In: DOWNES, F. P.; ITO, K. **Compendium of methods for the microbiological examinations of foods**. 4. ed. Washington: American Public Health Association, 2001. p. 183-193.

OLIVEIRA, E. C. M.; PICCOLI-VALLE, R. H. Aspectos microbiológicos dos produtos hortícolas minimamente processados. **Revista Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 14, n. 78/79, p. 50-54, 2000.

OLIVEIRA JÚNIOR, L. F. G.; CORDEIRO, C. A. M.; CARLOS, L. A. Avaliação da qualidade de mamão minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. 1 CD-ROM.

PARK, K. J. et al. Estudo da secagem de caqui Giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 71-86, 2004.

PIMENTEL, R. M. A. **Efeito da irradiação gama em mamão papaya colhido em três pontos de maturação**. 2001. 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2001.

PINTO, J. A. V. et al. Temperatura, baixo oxigênio e 1-metilciclopropeno na conservação da qualidade de caqui 'Fuyu'. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 5, p. 1287-1294, set./out. 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M. **HarvestPlus handbook for carotenoid analysis**. Washington: International Food Policy Research Institute; Cali: International Center for Tropical Agriculture, 2004. 58 p. (HarvestPlus Technical Monograph, 2).

ROESLER, R. et al. Atividade antioxidante de frutos do cerrado. **Revista Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 53-60, jan./mar. 2007.

ROSA, O. O. **Microbiota associada a produtos hortícolas minimamente processados comercializados em supermercados**. 2002. 202 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

ROSA, O. O.; CARVALHO, E. P. Características microbiológicas de frutos e hortaliças minimamente processadas. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 84-92, 2000.

RUBIRA, V. L. et al. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate ariels modified atmosphere packaged and treated with UV-C. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 37, n. 8, p. 174-185, Aug. 2005.

RUFINO, M. S. M. et al. **Metodologia científica**: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza: EMBRAPA, 2007. 4 p.

SARZI, B.; DURIGAN, J. F. Avaliação física e química de produtos minimamente processados de abacaxi "pérola". **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 2, p. 333-337, 2002.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 231 p.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007. 536 p.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. **Análisis de vitaminas: metodos comprobados**. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428 p.

THOMAS, P. Radiation preservation of feed of plant origin: subtropical fruits: citrus, grapes and avocados. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Cleveland, v. 24, n. 1, p. 53-89, Feb. 1986.

VASCONCELOS, A. R. D. **Utilização de cloreto de cálcio e atmosfera modificada na conservação de caqui cv. Fuyu**. 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

VILAS-BOAS, E. V. B.; KADER, A. A. Effect of 1-methylcyclopropene (1-MCP) on softening of fresh cut kiwi fruit, mango and persimmon slices. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 238-244, Feb. 2007.

WILEY, R. C. **Frutas y hortalizas minimamente procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Acribia, 1997. 361 p.

CAPÍTULO 4

Perfil volátil de caqui 'Fuyu' *in natura* ao longo do armazenamento

RESUMO

Existe pouca informação sobre o aroma do caqui e sobre as alterações que ocorrem com o armazenamento. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento dos compostos voláteis de caqui 'Fuyu' *in natura*, ao longo do período de armazenamento refrigerado. Os frutos foram colhidos na região de Barbacena, MG e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças da Universidade Federal de Lavras, onde foram selecionados de acordo com o tamanho, a cor e a ausência de injúrias. Posteriormente, foram lavados com detergente neutro, sanificados com hipoclorito de sódio a 200 mg. L⁻¹, por 15 minutos e acondicionados em bandejas de poliestireno expandido e cobertos com policloreto de vinila 14 µ. Foram, então, armazenados em câmara fria, a 0±1°C e 90±5% UR, por 80 dias. As avaliações de cromatografia gasosa por cromatografia utilizando a técnica de microextração de fase sólida (SPME) foram realizadas nos períodos de 0, 20, 40, 60 e 80 dias de armazenamento. Com base nos resultados obtidos, as principais classes químicas dos compostos voláteis identificadas são os aldeídos, predominantes, seguidos dos álcoois, ésteres e ácidos carboxílicos, ambos com a mesma percentagem de área relativa e, por fim, as cetonas. A análise de componentes principais (PCA) permitiu identificar alterações no perfil volátil do caqui 'Fuyu' durante o seu armazenamento, com os frutos armazenados por 0, 20 e 40 dias, diferindo daqueles armazenados por 60 e 80 dias.

Palavras-chave: Voláteis. Cromatografia. Tempo de armazenamento.

ABSTRACT

There is little information about the aroma of persimmon and on changes that occur with storage. This study was conducted to evaluate the behavior of volatile compounds of persimmon 'Fuyu' in nature throughout the period of cold storage. The fruits were harvested in the area of Barbacena, MG and transported to the Laboratory of Postharvest Fruit and Vegetable, Federal University of Lavras, where they were sorted according to size, color and absence of injuries, were later washed with detergent, sanitized with sodium hypochlorite at 200 mg. L⁻¹ for 15 minutes and packaged in polystyrene trays and covered with polyvinyl chloride 14 μ and were stored in cold to 0 ± 1 ° C and $90 \pm 5\%$ RH for 80 days and the assessments of gas chromatography by using technique of solid phase micro extraction (SPME) were recorded at 0, 20, 40, 60 and 80 days of storage. Based on these results, the main chemical classes of volatile compounds identified are aldehydes, which are predominant, followed by alcohols, esters and carboxylic acids, both with the same percentage of relative area and finally the ketones. The principal component analysis (PCA) identified changes in the volatile profile of 'Fuyu' persimmon during storage, the fruits stored for 0, 20 and 40 days differed from those stored for 60 and 80 days.

Keywords: Volatile. Chromatography. Cold storage.

1 INTRODUÇÃO

Dentre as frutas que merecem destaque no mercado nacional, encontra-se o caqui. O caquizeiro (*Diospyros kaki* L.) pertence à família das Ebenáceas e é originário do continente asiático, onde é cultivado há séculos (GONÇALVES et al., 2006). Com o passar do tempo, durante séculos, espalhou-se pelos cinco continentes.

O caqui cresceu em seu hábitat em estado silvestre desde os tempos imemoriais (PARK et al., 2004). Atualmente, está presente em praticamente todos os países de clima subtropical e temperado (GONÇALVES et al., 2006).

Dentre as cultivares plantadas no Brasil, destaca-se a ‘Fuyu’, apreciada pelo seu aroma e sabor característico. É rica em vitamina A, B, C e sais minerais, além de apresentar elevado teor de potássio. É promissora, em termos de mercado, pois produz frutos variando de 150 a 250 g, de polpa amarelo-avermelhada, não adstringente, sem sementes e com coloração da epiderme que varia de amarelo-esverdeada a avermelhada, sabor adocicado e crocante.

O sabor dos frutos é uma resposta integrada às sensações do gosto e aroma, estando diretamente relacionado com a aceitação e a escolha de um produto alimentício. A percepção do gosto deve-se à presença de compostos não voláteis, tais como açúcares, ácidos orgânicos, terpenoides e fenólicos e sais minerais, causando as sensações basicamente descritas como doce, ácido, amargo e salgado, respectivamente. A sensação do aroma é mais abrangente e envolve centenas a milhares de substâncias voláteis (RIU-AUMATEL et al., 2004; THOMAZINI; FRANCO, 2000). O conhecimento científico dos compostos voláteis responsáveis pelo sabor característico das frutas justifica-se pela sua importância na sua qualidade e na de seus produtos, além de aportar as peculiaridades de aroma de um alimento, característica bem intensa e marcante nos frutos.

O aroma típico dos alimentos resulta da combinação de dezenas de substâncias voláteis de diversas classes químicas (GARRUTI et al., 2001), tais como ésteres, lactonas, álcoois, ácidos, aldeídos, cetonas, acetais, hidrocarbonetos, alguns fenóis, éteres e compostos heterocíclicos (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Os compostos voláteis que formam o *flavor* característico dos frutos são produzidos por rotas metabólicas durante a maturação, a colheita, a pós-colheita e o armazenamento e dependem de muitos fatores, como a espécie, a variedade e o tipo de tratamento tecnológico utilizado (RIZZOLO; POLESELLO; POLESELLO, 1992).

Embora diferentes frutas e hortaliças frequentemente compartilhem muitos aromas característicos, cada fruta e hortaliça têm um aroma distinto em função das proporções de voláteis de impacto e da presença ou ausência desses componentes. Os mais importantes compostos de aroma incluem, entre outros, mono e sequiterpenos, derivados fenólicos, compostos derivados de lipídeos, compostos derivados de aminoácidos e compostos derivados da quebra de carotenoides (LEWINSOHN et al., 2005).

Diante do exposto e devido à escassez de trabalhos relacionados com o perfil volátil do caqui, este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência do tempo de armazenamento sobre os compostos voláteis de caqui 'Fuyu' *in natura* armazenado por 80 dias sob refrigeração, utilizando a técnica de microextração de fase sólida (SPME).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Obtenção dos frutos, montagem e condução do experimento

Os frutos utilizados neste experimento foram provenientes de plantio comercial, no município de Barbacena, MG. A cultivar utilizada foi a 'Fuyu', sendo sua colheita realizada em abril de 2008, no período da manhã, para minimizar perdas por transpiração, utilizando-se tesoura de poda.

Após a colheita, os caquis foram selecionados de acordo com o estágio de maturação. Posteriormente, os frutos foram acondicionados em caixas de plástico forradas com espuma de poliestireno e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Inicialmente, os frutos foram lavados em água corrente, para a retirada do calor de campo e de sujidades da superfície. Foram, então, novamente selecionados quanto à maturação, à uniformidade de tamanho e de cor, à sanidade e à ausência de defeitos. Posteriormente, foram armazenados, a 15°C, até o início da montagem do experimento.

No dia seguinte, os frutos foram lavados com detergente neutro e imersos em solução de hipoclorito de sódio, na concentração de 200 mg. L⁻¹ por 15 minutos para sanificação. Posteriormente, os frutos foram colocados em bandeja de poliestireno expandido, cada uma contendo quatro frutos e cobertos com filmes de policloreto de vinila com espessura de 14 µ.

Os frutos foram armazenados, a 0±1°C e 90±5% UR, por 80 dias e as avaliações foram realizadas nos períodos de 0, 20, 40, 60 e 80 dias de armazenamento.

2.2 Determinação de compostos voláteis

A determinação dos compostos voláteis do caqui 'Fuyu' foi realizada no Laboratório de Análise e Prospecção Química, no Departamento de Química da UFLA, em Lavras-MG.

2.2.1 Extração dos compostos voláteis

As análises de extração e identificação dos compostos voláteis da polpa do caqui 'Fuyu' foram realizadas utilizando-se a técnica de microextração em fase sólida (SPME), em cromatógrafo gasoso acoplado ao espectrômetro de massas GC-2010 - Gás Chromatograph Shimadzu e GCMS - QP2010 Plus - Gas Chromatograph Mass Spectrometer.

O procedimento de extração envolveu a exposição da fibra de polydimethylsiloxane/divinilbenzene (PDMS/DVB, 65 μ m, Supelco) ao "headspace" de cada amostra nos frascos de "vials" fechados.

Preliminarmente às extrações, a fibra extratora foi condicionada, a 250°C, por 60 minutos, no cromatógrafo gasoso Varian CP-3800. Entre cada exposição das amostras, a fibra (PDMS/DVB) era limpa e condicionada a uma temperatura de 250°C, por 30 minutos, no mesmo cromatógrafo.

Duas gramas da polpa de caqui 'Fuyu' em diferentes tempos de armazenamento (0, 20, 40, 60 e 80 dias), foram transferidas para os "vials" com capacidade para 10 mL, os quais foram vedados com lacre de alumínio e septos de borracha faceados com teflon. Em seguida, foram levados para agitação à velocidade constante de 50 0rpm, a 30°C, por 15 minutos.

Após esse tempo de agitação, a fibra ficou exposta ao headspace dos "vials" contendo a polpa do caqui 'Fuyu', por 15 minutos. Após 15 minutos de

exposição à fibra, a seringa foi imediatamente levada ao injetor do CG-MS, no qual os compostos voláteis foram dessorvidos, por 2 minutos, a 250°C, em modo split, na razão de 1:5.

2.2.2 Identificação dos compostos voláteis

Utilizou-se aparelho Shimadzu CG-17A, com detector seletivo de massas modelo QP5050A, sob as seguintes condições operacionais: coluna capilar de sílica fundida de 30 m x 0,25 mm e 0,25 µm de espessura, tendo como fase estacionária 5% de difenil e 95% de polidimetilsiloxano (DB5); temperatura do injetor de 270°C; programação da coluna com temperatura inicial de 35°C, sendo acrescidos 4°C, a cada minuto, até atingir 270°C; gás de arraste hélio, com 1,78 mL.min⁻¹ na coluna; no modo split com pressão inicial na coluna de 120.9 KPa.

As condições do EM foram: detector seletivo de massas operando por impacto eletrônico e energia de impacto de 70 eV; velocidade de varredura 1000 m/z s⁻¹; intervalo de varredura de 0,5 fragmentos/segundos e fragmentos detectados de 29 Da e 600 Da.

A identificação dos compostos voláteis foi efetuada por meio da comparação dos seus espectros de massas com o banco de dados existentes na literatura, com base nos espectros avaliados pelo banco de dados (Wiley 8.LIB e FFNSC.1.2.lib). Visto que não foram utilizados padrões para a confirmação positiva da identidade dos compostos, estes foram considerados tentativamente identificados.

Os compostos foram obtidos pela análise dos componentes principais (*Principal component analysis*, PCA). Os dados obtidos foram autoescalados como forma de pré-processamento antes das análises por PCA e AHA (análise

hierarquia de agrupamento). Para ambas as análises, utilizou-se o software MATLAB (Versão 7.5, 2007).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os compostos voláteis identificados, com seus respectivos íons majoritários, tempos de retenção e percentagens médias das áreas relativas dos picos encontrados na polpa do caqui 'Fuyu' *in natura*, durante o armazenamento a 0°C, por 80 dias.

Tabela 1 Compostos voláteis, padrão de fragmentação, tempo de retenção (TR) e percentagem de áreas relativas de componentes aromáticos de caqui 'Fuyu' armazenado a 0±1°C, por 80 dias.

Composto*	Íons majoritários (<i>m/z</i>)	Área relativa (%)					
		TR	0 dia	20 dias	40 dias	60 dias	80 dias
2-propanona	58, 43	1,50	86,46	78,14	55,47	85,14	63,30
Hexanal	41, 44, 56, 65, 81	3,69	12,13	11,89	11,14	8,48	8,01
Furfural	96, 95, 67	5,37	nd	nd	nd	4,17	5,37
2-hexenal	69,55, 83	5,86	2,92	5,8	5,86	7,2	19,52
Ácetato de etila	98,55, 69	8,11	nd	nd	nd	6,18	8,11
Nonanal	55, 57, 70, 82, 98	11,59	nd	0,54	1,14	5,45	12,17
Benzaldeído	77, 94, 105, 106	15,27	nd	8,23	12,67	15,01	16,3
Octonoato de etila	57, 70, 73, 88, 101	17,77	nd	nd	8,79	11,01	14,69
1-dodecanol	69, 57, 55	26,92	nd	nd	nd	0,68	26,92
Hexadecanol	55, 57, 83	38,10	nd	nd	nd	nd	38,1
Ácido hexanoico	73, 60, 57	40,23	nd	nd	nd	nd	40,23
1-octadecanol	83, 55, 57	43,06	nd	nd	nd	nd	43,06
Ácido octanoico	43, 73, 55	44,85	nd	nd	nd	nd	44,85

*tentativamente identificado por comparação dos seus espectros de massas com o banco de dados existentes na literatura (Wiley 8.LIB e FFNSC. 1.2 lib);

nd: não detectado.

A cromatografia gasosa associada à espectrometria de massa por meio da técnica de microextração em fase sólida permitiu identificar tentativamente 13 compostos na polpa do caqui 'Fuyu' nos diferentes tempos de armazenamento, dentre os 28 compostos detectados, perfazendo 81,6%, em média, da área relativa total. A maior classe de compostos químicos identificados na polpa do caqui 'Fuyu' pertence aos aldeídos, os quais representaram 38,47% da área total, seguido pelos álcoois, com 23,08%, ésteres e ácidos carboxílicos, ambos com 15,38% e, finalmente, as cetonas, com valores na ordem de 7,69% (Tabela 1).

Na Figura 1 observam-se os escores (comportamento dos tempos de armazenamento para os componentes principais mais importantes) nos quais os dois primeiros componentes principais são responsáveis por 99,7% da variabilidade total presente no conjunto de dados.

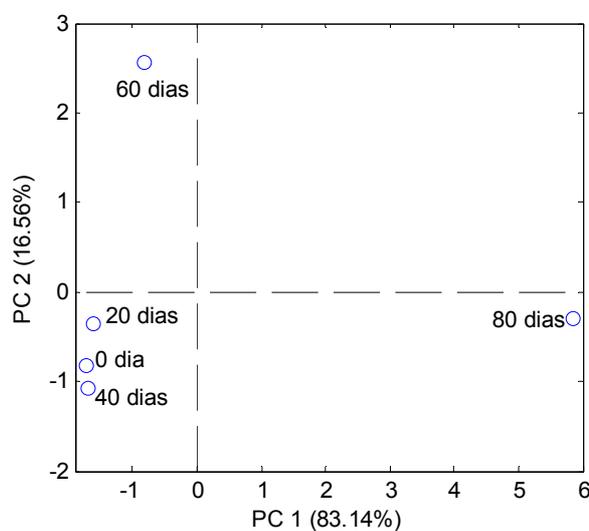


Figura 1 Análise de componentes principais (PCA) em relação aos tempos de armazenamento do caqui 'Fuyu', a 0°C.

Pela análise de componentes principais (PCA) demonstrada na Figura 1, pode-se observar a formação de três grupos distintos: um deles formado pelos tempos de armazenamento 0, 1 e 2 (0, 20 e 40 dias de armazenamento, respectivamente), que se apresentam semelhantes; outro formado pelo tempo 3 (60 dias de armazenamento) e outro formado pelo tempo 4 (80 dias de armazenamento). Esses grupos diferem estatisticamente entre si.

Na Figura 2, estão apresentados os pesos (contribuição das áreas dos picos do CG dos compostos voláteis para os componentes principais) que revelam a relação entre os compostos voláteis identificados nos tempos de armazenamento.

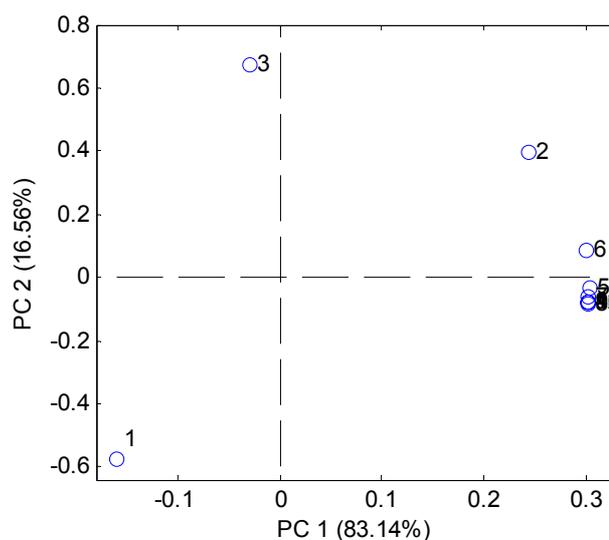


Figura 2 Análise de componentes principais (PCA) com os pesos dos componentes aromáticos em relação ao tempo de armazenamento. (1) 2-propanona, (2) hexanal, (3) furfural, (4) 2-hexenal, (5) acetato de etila, (6) nonanal, (7) benzaldeído, (8) octonoato de etila, (9) 1-dodecanal, (10) hexadecanol, (11) ácido hexanoico, (12) 1-octadecanol e (13) ácido octanoico.

A relação entre cada região mostra que 0, 20 e 40 dias de armazenamento se encontram no mesmo grupo por apresentarem em comum percentagens de áreas relativas semelhantes do composto volátil 2-propanona (1). O outro grupo engloba o tempo 3 (60 dias de armazenamento), devido às áreas relativas semelhantes (%) que esse tempo apresenta, relacionado ao composto volátil furfural (3). Finalmente, o último grupo, representado pelo tempo 4 (80 dias de armazenamento), apresenta em comum áreas relativas (%) dos componentes voláteis hexanal (2), 2-hexenal (4), acetato de etila (5), nonanal (6), benzaldeído (7), octanoato de etila (8), 1-dodecanal (9), hexadecanol (10), ácido hexanoico (11), 1-octadecanol (12) e ácido octanoico (13) (Figura 2).

Os compostos orgânicos voláteis, embora presentes em concentrações muito baixas e formados durante as transformações bioquímicas da maturação e amadurecimento, são responsáveis pelo aroma típico e têm grande importância na aceitação dos produtos hortícolas, notadamente das frutas. Esses compostos são sintetizados a partir de vários precursores, incluindo aminoácidos, lipídios e carotenoides, porém, enquanto algumas das vias de síntese são conhecidas, para a maioria dos compostos voláteis elas ainda permanecem ignoradas (KAYS; PAULL, 2004; TIEMAN et al., 2006).

De acordo com os dados da Tabela 1, as percentagens de áreas relativas dos ésteres identificados na polpa do caqui 'Fuyu' apresentaram incremento ao longo do período de armazenamento, sendo esse comportamento normalmente creditado ao avanço da maturação. Inúmeros ésteres, entre eles o acetato de etila e o octanoato de etila, são compostos encontrados no caqui 'Fuyu' e em numerosos frutos, particularmente em melão 'Cantaloupe'. Altas concentrações desses compostos têm sido relacionadas com elevado grau de maturação (SENESI et al., 2005) ou com o processo de fermentação (BALDWIN, 2000). Não obstante, os carotenoides, juntamente com os aminoácidos valina,

isoleucina, metionina e alanina, têm sido postulados como precursores de ésteres aromáticos (IBDAH et al., 2006; WANG; WYLLIE; LEACH, 1996).

Os aldeídos da polpa do caqui ‘Fuyu’ tiveram sua área relativa aumentada com o armazenamento do fruto, à exceção do composto hexanal, que teve sua área relativa reduzida (Tabela 1). Segundo Beaulieu (2006), em muitos frutos, os aldeídos são os compostos majoritários e altas concentrações desses compostos representam o sabor agradável desses vegetais. Especificamente o hexanal tem sido descrito por alguns autores (BALDWIN, 2002; GARRUTI et al., 2001; KALUA et al., 2007) como responsável pelo aroma de “verde, mato, grama” de produtos vegetais. O benzaldeído tem sido associado com a fenilalanina, precursora de sua síntese. O aumento desse composto volátil deve-se ao decréscimo da fenilalanina com a maturação dos frutos, o que contribui para o aroma adocicado dos frutos maduros (LAMASCOLO et al., 2001). O composto furfural também tem sido descrito em maracujá-amarelo, contudo, sua síntese não tem sido descrita (YAMAGUSHI et al., 1983).

Os ácidos hexanoico e octanoico foram detectados na polpa do caqui ‘Fuyu’ somente aos 80 dias de armazenamento (Tabela 1). Segundo Narin et al. (2004), esses compostos também são encontrados na polpa de cajá, representando 50% da área relativa total. Os mesmos autores ainda discorrem que esses compostos poderiam ser formados pelo metabolismo de lipídeos.

Os álcoois, como os identificados na polpa do caqui ‘Fuyu’, apresentaram aumento de suas áreas relativas com o transcorrer do armazenamento do fruto (Tabela 1). Alguns autores descrevem que a presença de álcoois no aroma volátil de frutos se deve à formação de *off flavor*, estando esses compostos relacionados com o aroma de “ardido, pungente” (SENESI et al., 2005). Assim, o aumento desses compostos durante o armazenamento do caqui ‘Fuyu’, possivelmente, está associado com o desenvolvimento do processo de senescência.

4 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, as principais classes químicas dos compostos voláteis identificados na polpa do caqui 'Fuyu' armazenado a $0\pm 1^\circ\text{C}$, por 80 dias, são os aldeídos, predominantes, seguidos dos álcoois, ésteres e ácidos carboxílicos, todos com mesma percentagem de área relativa e, por fim, as cetonas.

A análise de componentes principais (PCA) permitiu identificar alterações no perfil volátil do caqui 'Fuyu' durante o seu armazenamento, com os frutos armazenados por 0, 20 e 40 dias diferindo daqueles armazenados por 60 e 80 dias.

REFERÊNCIAS

- BALDWIN, E. Flavor trivia and tomato aroma: biochemistry and possible mechanisms for control of important aroma components. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 10, p. 1013-1022, Oct. 2000.
- _____. Fruit flavor, volatile metabolism and consumer perceptions. In: KNEE, M. (Ed.). **Fruit quality and its biological basis**. Sheffield: Sheffield Academic, 2002. p. 89-106.
- BEAULIEU, J. Volatile changes in cantaloupe during growth, maturation, and in stored fresh-cuts prepared from fruit harvested at various maturities. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 131, n. 1, p. 127-139, Jan. 2006.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.
- GARRUTI, D. S. et al. **Compostos voláteis do sabor de pseudofrutos de cajueiro anão precoce (*Anacardium occidentale L*) CCP-76**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindústria Tropical, 2001. 29 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 4).
- GONÇALVES, E. D. et al. Armazenamento refrigerado de caqui 'Fuyu' (*Diospyros kaki*) em atmosfera modificada com filme de polietileno. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 187-190, abr./jun. 2006.
- IBDAH, M. et al. Functional characterization of CmCCD1, a carotenoid cleavage dioxygenase from melon. **Phytochemistry**, Oxford, v. 67, n. 15, p. 1579-1589, Aug. 2006.
- KALUA, C. M. et al. Olive oil volatile compounds, flavor development and quality: a critical review. **Food Chemistry**, Oxford, v. 100, n. 1, p. 273-286, Jan. 2007.
- KAYS, S. J.; PAULL, R. E. Metabolic processes in harvested products. In: _____. **Postharvest biology**. Athens: Exon, 2004. p. 79-136.
- LEWINSOHN, E. et al. Carotenoid pigmentation affects the volatile composition of tomato and watermelon fruits, as revealed by comparative genetic analyses. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 8, p. 3142-3148, Mar. 2005.

- LOMASCOLO, A. et al. Shifting the biotransformation pathways of L-phenylalanine into benzaldehyde by *Trametes suaveolens* CBS 334.85 using HP20 resin. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v. 32, n. 4, p. 262-267, Apr. 2001.
- NARIN, N. et al. Compostos voláteis dos frutos de maracujá (*Passiflora edulis* forma *Flavicarpa*) e de cajá (*Spondias mombin* L.) obtidos pela técnica de *headspace* dinâmico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 212-216, abr./jun. 2004.
- PARK, K. J. et al. Estudo da secagem de caqui Giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 71-86, 2004.
- RIU-AUMATELL, M. et al. Characterization of volatile compounds of fruit and nectars by HS/SPME and GC/MS. **Food Chemistry**, London, v. 87, n. 4, p. 627-637, Oct. 2004.
- RIZZOLO, A.; POLESELLO, A.; POLESELLO, S. Use of headspace capillary GC to study the development of volatile compounds in fresh fruits. **Journal of High Resolution Chromatography**, Weinheim, v. 15, n. 1, p. 472-477, Apr. 1992.
- SENESI, E. et al. Influence of ripening stage on volatiles composition, physicochemical indexes and sensory evaluation in two varieties of muskmelon (*Cucumis melo* L. var *reticulatus* Naud). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 85, n. 8, p. 1241-1251, Feb. 2005.
- THOMAZINI, F.; FRANCO, M. R. B. Metodologia para análise dos constituintes voláteis do sabor. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 1, p. 52-59, jan./jun. 2000.
- TIEMAN, D. M. et al. Identification of loci affecting flavour volatile emissions in tomato fruits. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 4, p. 887-896, Feb. 2006.
- WANG, Y.; WYLLIE, S. G.; LEACH, D. N. Chemical changes during the development and ripening of the fruit of *Cucumis melo* (cv. *Makdimon*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 44, n. 1, p. 210-216, Jan. 1996.

YAMAGUCHI, K. et al. Chemical studies on tropical fruits. In:
CHARALAMBOUS, G.; INGLETT, G. (Ed.). **Instrumental analysis of foods:**
recent progress. New York: Academic, 1983. p. 93-117.

APÊNDICES

APÊNDICE A	Páginas
TABELA 1A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para perda de massa, pH e acidez titulável em caqui ‘Fuyu’ submetido a diferentes doses de 1-MCP.....
	157
TABELA 2A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para valor L*, a* e firmeza em caqui ‘Fuyu’ submetido a diferentes doses de 1-MCP.....
	157
TABELA 3A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis, açúcares totais e pectina solúvel em caqui ‘Fuyu’ submetido a diferentes doses de 1-MCP.....
	158
TABELA 4A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para vitamina C e atividade antioxidante total em caqui ‘Fuyu’ submetido a diferentes doses de 1-MCP.....
	158
TABELA 5A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para poliuronídeos, celulose e hemicelulose em caqui ‘Fuyu’ submetido a diferentes doses de 1-MCP.....
	159
TABELA 6A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para fungos filamentosos e leveduras e microrganismos aeróbios psicrotróficos em caqui ‘Fuyu’ minimamente processado.....
	159
TABELA 7A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para perda de massa e pH em caqui ‘Fuyu’ minimamente processado.....
	160

TABELA 8A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis e acidez titulável em caqui 'Fuyu' minimamente processado.....	160
TABELA 9A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para valor L*, a* e firmeza em caqui 'Fuyu' minimamente processado.....	161
TABELA 10A	Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para vitamina C, atividade antioxidante total e carotenoides totais em caqui 'Fuyu' minimamente processado.....	161

APÊNDICE B

Páginas

FIGURA 1B	Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu' com 0 dia de armazenamento refrigerado.....	162
FIGURA 2B	Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu' com 20 dias de armazenamento refrigerado.....	162
FIGURA 3B	Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu' com 40 dias de armazenamento refrigerado.....	162
FIGURA 4B	Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu' com 60 dia de armazenamento refrigerado.....	163
FIGURA 5B	Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu' com 80 dia de armazenamento refrigerado.....	163

TABELA 1A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para perda de massa, pH e acidez titulável em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Perda de massa	pH	Acidez Titulável
Tratamento (A)	3	4,119	0,06	0,000006
Tempo (B)	4	18,31	0,91**	0,0040**
AxB	12	0,60**	0,07	0,000006
Erro	40	0,01	0,104	0,000015
Média geral		1,47	6,71	0,08
CV (%)		8,17	0,70	4,93

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para valor L*, a* e firmeza em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		L*	a*	Firmeza
Tratamento (A)	3	0,93	244,48	6,97
Tempo (B)	4	174,20	148,92	47,95
AxB	12	2,91**	25,11**	0,85**
Erro	40	0,0022	0,467	0,04
Média geral		6,71	9,21	3,88
CV (%)		0,70	7,43	4,94

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 3A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis, açúcares totais e pectina solúvel em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Sólidos solúveis	Açúcares totais	Pectina solúvel
Tratamento (A)	3	1,23	3,07	7295,45
Tempo (B)	4	11,46	48,13	28064,52
AxB	12	0,47**	1,71**	817,41**
Erro	40	0,07	0,28	17,47
Média geral		14,43	13,25	165,78
CV (%)		1,78	4,00	2,52

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 4A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para vitamina C e atividade antioxidante total em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		Vitamina C	At. antioxidante total
Tratamento (A)	3	117,67	0,37
Tempo (B)	4	3123,92	22,60**
AxB	12	22,95**	0,09
Erro	40	5,92	1,14
Média geral		64,58	10,66
CV (%)		3,77	3,48

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 5A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para poliuronídeos, celulose e hemicelulose em caqui 'Fuyu' submetido a diferentes doses de 1-MCP.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Poliuronídeos	Celulose	Hemicelulose
Tratamento (A)	3	11,86	53,20	94,53
Tempo (B)	4	17,92	143,35	178,72
AxB	12	1,96**	7,53**	7,27**
Erro	40	0,78	0,37	0,56
Média geral		16,62	21,35	13,16
CV (%)		5,32	2,86	5,68

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 6A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para fungos filamentosos e leveduras e microrganismos aeróbios psicrotróficos em caqui 'Fuyu' minimamente processado.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		Fungos	M.psicrotróficos
Tratamento (A)	3	4,87	4,01
Tempo (B)	4	0,07	0,47
AxB	12	0,07**	0,04**
Erro	40	0,0001	0,0006
Média geral		0,59	0,86
CV (%)		1,90	2,75

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 7A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para perda de massa e pH em caqui 'Fuyu' minimamente processado.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		Perda de massa	pH
Tratamento (A)	3	0,32	0,009
Tempo (B)	4	3,69	0,787
AxB	12	0,04**	0,007**
Erro	40	0,002	0,0012
Média geral		0,57	6,46
CV (%)		8,82	0,56

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 8A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para sólidos solúveis e acidez titulável em caqui 'Fuyu' minimamente processado.

Causas de variação	GL	Quadrados médios	
		Sólidos solúveis	Acidez titulável
Tratamento (A)	3	0,164	0,0086 ^{ns}
Tempo (B)	4	23,11	0,0086 ^{ns}
AxB	12	0,85**	0,0087 ^{ns}
Erro	40	0,23	0,0084
Média geral		15,49	0,10
CV (%)		3,10	89,59

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 9A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para valor L*, a* e firmeza em caqui 'Fuyu' minimamente processado.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Valor L*	Valor a*	Firmeza
Tratamento (A)	3	0,95	0,04	2,91
Tempo (B)	4	69,55**	14,38**	109,76
AxB	12	0,40	0,05	1,66**
Erro	40	0,47	0,08	0,29
Média geral		54,05	7,66	15,29
CV (%)		1,28	3,59	3,53

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 10 A Resumo das análises de variância e respectivos níveis de significância para vitamina C, atividade antioxidante total e carotenoides totais em caqui 'Fuyu' minimamente processado.

Causas de variação	GL	Quadrados médios		
		Vitamina C	At. antioxidante total	Carotenoides totais
Tratamento (A)	3	1,16	0,17	0,93
Tempo (B)	4	567,46**	3,34**	0,99
AxB	12	2,26	0,06	0,07**
Erro	40	1,56	0,09	0,002
Média geral		64,22	11,04	1,69
CV (%)		1,94	2,65	2,37

^{ns}, * e ** indicam valores do Teste F não significativos, significativos a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

ANEXO B

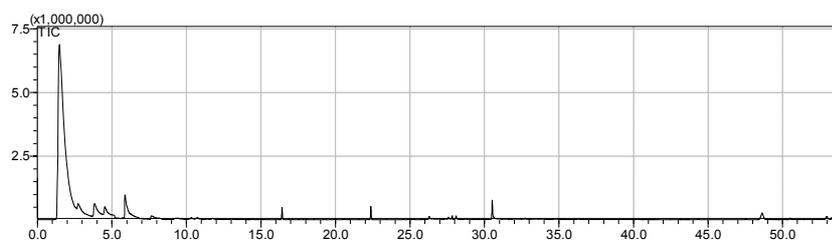


FIGURA 1B Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu', com 0 dia de armazenamento refrigerado.

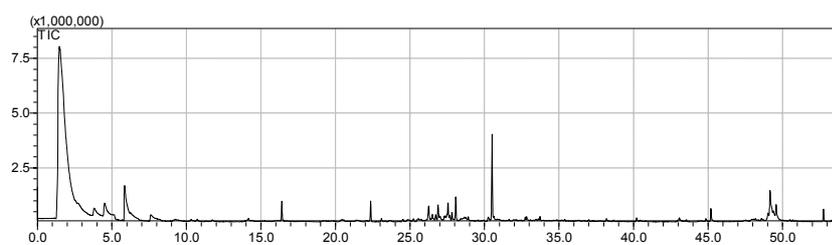


FIGURA 2B Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu', com 20 dias de armazenamento refrigerado.

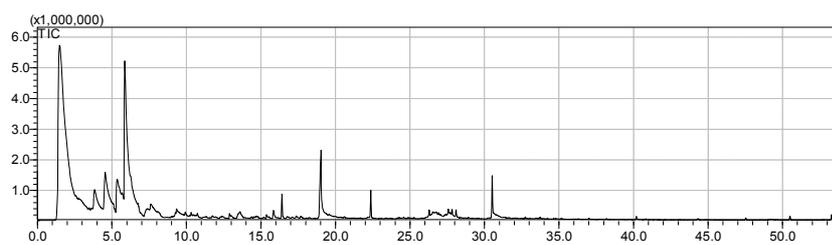


FIGURA 3B Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu' armazenado, com 40 dias de armazenamento refrigerado.

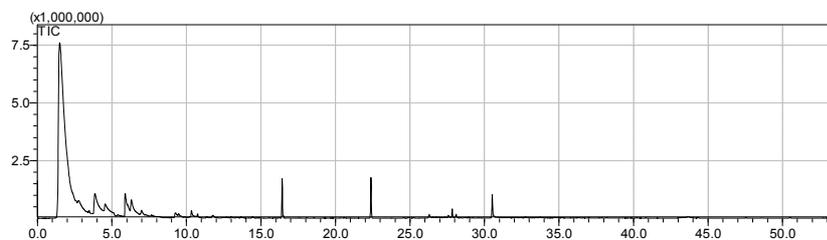


FIGURA 4B Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu', com 60 dias de armazenamento refrigerado.

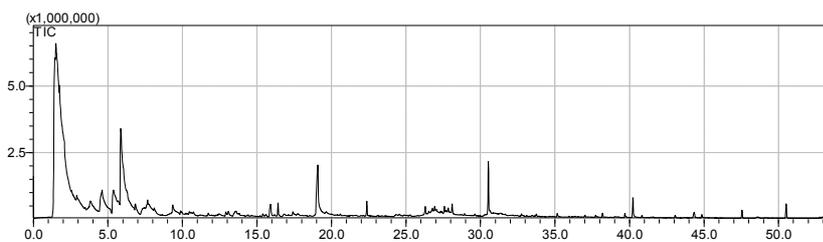


FIGURA 5B Cromatograma obtido na determinação de voláteis em caqui 'Fuyu', com 80 dias de armazenamento refrigerado.