

# Qualidade pós-colheita do caqui 'Fuyu' tratado com a promalina

Luciane Curtes Porfírio-da-Silva<sup>1</sup>, Mareci Mendes de Almeida<sup>2</sup>, Aurélio Vinicius Borsato<sup>3</sup> e Dorivaldo da Silva Raupp<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. <sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Alimentos, Setor de Ciências Agrárias e de Tecnologia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Av. Gal. Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. <sup>3</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. \*Autor para correspondência. E-mail: dsraupp@pq.cnpq.br

**RESUMO.** Considerando a importância comercial do caqui 'Fuyu', a pesquisa teve como objetivos avaliar o efeito da promalina aplicada durante o cultivo do caqui 'Fuyu' bem como o uso de diferentes temperaturas de armazenamento na qualidade pós-colheita dos frutos. A utilização da câmara fria (4°C, uso comercial) manteve a boa firmeza dos frutos para a comercialização acima de 16 dias, para os frutos, sem e com a aplicação de promalina no pomar, enquanto que, na temperatura ambiente (20-26°C), os tempos foram de 16 e oito dias, respectivamente. A promalina contribuiu para a melhoria da firmeza dos frutos armazenados em câmara fria, mas não produziu o mesmo efeito em frutos armazenados em temperatura ambiente. A atividade da enzima poligalacturonase (PG) foi coincidente com a alteração de firmeza dos frutos, e o pH diminuiu.

**Palavras-chave:** *Diospyrus kaki*, armazenamento refrigerado, firmeza, poligalacturonase.

**ABSTRACT.** Postharvest quality of "Fuyu" kaki treated with Promalin.

Considering the commercial value of the 'Fuyu' kaki, this study aimed to evaluate the effect of Promalin applied to the orchard as well as the use of different storage temperatures in the quality of postharvest fruits. The cold chamber (4°C) kept the fruit with good firmness quality for commercialization over 16 days, for both treatments, without and with Promalin applied in the orchard; whereas, at room temperature (20-26°C) the periods were 16 and 8 days, respectively. The Promalin contributed to the improvement of firmness in fruits stored in the cold chamber, but it did not have a similar effect in fruits at room temperature. The activity of the polygalacturonase enzyme was coincident with the change in fruit firmness and the pH decreased.

**Keywords:** *Diospyrus kaki*, refrigerated storage, firmness, polygalacturonase.

## Introdução

O Brasil ocupa o quarto lugar no *ranking* mundial de produção de caqui (*Diospyrus kaki* L.), sendo a China o maior produtor, seguida de Japão e Coreia do Sul. No Brasil, os caquis são classificados em três grupos: "Sibugaki" (taninoso, com ou sem semente); "Amagaki" (doce); e Variável ("Variant Sibugaki" ou "Variant Amagaki"), que incluem as variedades sem sementes de polpa taninosa e as com uma ou várias sementes, não-taninosas, de polpa parcial ou totalmente escura, denominada de caqui "chocolate". O caqui 'Fuyu', tipo Amagaki, que é a cultivar mais plantada no Brasil, é um fruto de formato achatado e eixo transversal maior que o longitudinal. O fruto fresco caqui 'Fuyu' pesa 243-276 g no ponto de colheita comercial e com 15 à 20 dias antes e apresenta umidade de 82,40%, peso específico de 1.066 kg m<sup>-3</sup>. A coloração da epiderme do fruto varia de amarelo-esverdeada à avermelhada e sua polpa é firme, amarelo-avermelhada, não-

adstringente, de sabor adocicado e com baixa acidez. Além da crescente aceitação no mercado interno, o 'Fuyu' é o caqui da exportação, com maiores possibilidades de colocação no mercado externo. É uma cultivar recomendada para regiões frias (FERRI et al., 2002; MARTINS; PEREIRA, 1989; PENTEADO, 1986).

O caqui apresenta quantidades expressivas de pectina, amido, açúcares solúveis e baixo teor de ácidos. Frutose, glicose e sacarose são os açúcares predominantes na polpa, e o conteúdo de açúcares solúveis totais varia de 10,1 a 16,7% em frutos de variedades doces, como o 'Fuyu', e de 10,2 a 19,6% em frutos de variedades taninosas. Dos ácidos orgânicos, o málico predomina nos frutos, diminuindo-se ligeiramente com a maturação. São constituídos de alta concentração de vitamina A (SENDER et al., 1991).

A adoção de técnicas para conservar a qualidade dos frutos pós-colheita, que, normalmente, ocorre

num curto período (abril e maio), é estratégia essencial para a expansão do período de oferta e redução da sazonalidade dos preços do caqui. O armazenamento refrigerado é a principal tecnologia para o controle do amadurecimento e para se minimizar a deterioração dos frutos (MacRAE, 1987). A temperatura de 0 a 1°C tem sido recomendada, em algumas pesquisas, para o armazenamento de caqui. Apesar disso, a temperatura de 4°C ainda é a prática mais utilizada para o armazenamento dos frutos pós-colheita, caqui 'Fuyu' e 'Giombo', destinados à comercialização, e também para maçã e pera (BEN-ARIE; ZUTKHI, 1992; BRACKMANN et al., 1997; LEE et al., 1993; MARTINS; PEREIRA, 1989; TURK, 1993).

O caqui 'Fuyu' é sensível ao frio, e algumas pesquisas relacionam o desenvolvimento de danos (chilling injury) com o seu armazenamento em temperatura entre 5 e 15°C (COLLINS; TISDELL, 1995) ou na temperatura de 0°C, após seis semanas de exposição (WOOLF et al., 1997). Ainda, o rápido resfriamento em temperaturas baixas, como -1°C, pode ser uma das causas da incidência de escurecimento da polpa (LEE, 2001).

Esse fruto caracteriza-se por apresentar comportamento climatérico (GIRARDI et al., 2003), podendo sofrer o processo de amadurecimento em pós-colheita, e a alta sensibilidade ao etileno lhe proporciona rápida evolução da coloração da epiderme e de perda de firmeza da polpa (GORINI; TESTONI, 1988). O fruto é colhido quando perde a coloração verde e adquire tonalidade amarelo-esverdeada. Durante a maturação adquire tonalidade amarelo-avermelhada, que se torna mais intensa quanto mais avançada for o estágio de maturação. As modificações de coloração dos frutos durante o amadurecimento estão relacionadas à degradação da clorofila, de coloração verde, e ao aumento do conteúdo de pigmentos carotenoides, como a criptoxantina, zeaxantina e licopeno (MARTINS; PEREIRA, 1989).

A atuação de enzimas nas paredes celulares de tecidos dos frutos no amadurecimento promove modificações nas propriedades texturais destes. O aumento da atividade das hidrolases na parede celular é indicativo do amaciamento dos tecidos e do avanço no grau de maturação em frutos climatéricos, como o caqui 'Fuyu' (AWAD, 1993). A degradação de moléculas poliméricas, como substâncias pécnicas, celuloses e hemiceluloses, amacia as paredes celulares por diminuir a força coesiva que mantém as células unidas, e a degradação de polímeros pécnicos é uma das principais causas do amaciamento dos frutos. As enzimas poligalacturonase (PG) e pectinesterase (PE), denominadas genericamente de

pectinases ou pécnicas ou pectinolíticas, catalisam a quebra da estrutura molecular da substância pécnica até ácido pectínico ou ácido pécnico ou ácido poligalacturônico, que é a sua menor unidade estrutural. Esses ácidos ajudam na formação dos conteúdos solúveis da polpa dos frutos, deixando-os com aspecto mais viscoso e textura suave. A PG é uma hidrolase que atua de forma aleatória nas ligações  $\beta$ -1,4 do interior da cadeia pécnica e a PME, um tipo de PE, remove grupos metila esterificados (ANTHON et al., 2002; ASSIS et al., 2000; CHITARRA; CHITARRA, 2005; EVANGELISTA et al., 2000). A atividade da PE precede a da PG no sentido de facilitar a atividade desta última, pela desesterificação dos poliuronídeos. A PG tem maior afinidade pelo substrato linear desesterificado (ANTHON et al., 2002; BICALHO et al., 2000; JEN; ROBINSON, 1984; PRESSEY; AVANTS, 1982).

A promalina, comercializada como Promalin<sup>®</sup>, é um regulador de crescimento vegetal e de maturação, de ocorrência natural na planta. Vários usos são atribuídos à promalina, como: aumento do tamanho do pedicelo do fruto em macieira; desenvolvimento de ramos em plantas novas de macieira; melhoria no peso médio e comprimento em frutos de caqui; melhoria no formato do fruto de maçã; aumento da relação comprimento/diâmetro, do comprimento do cálice e do formato dos lóbulos do cálice; aumento do teor de sólidos solúveis, das proteínas solúveis, do conteúdo de antocianinas, podendo promover ainda decréscimo da acidez no fruto; aumento da relação comprimento/diâmetro e do peso de maçãs 'Red Delicious'; melhoria da qualidade de maçã, no que se refere ao formato do fruto, tamanho e à redução da incidência de "russetting", que é uma camada de cortiça formada nas células da epiderme (DABUL; AYUB, 2005; ELFVING; VISSER, 2006; FAUATE et al., 2007; GREENE, 1993; PRIVÉ et al., 1989).

A promalina, que é constituída pela mistura de dois fitoreguladores naturais, a citocinina 6BA (Benziladenina) e as giberelinas GA<sub>4</sub> e GA<sub>7</sub>, promove aumento na divisão e expansão celular, gerando aumento no tamanho dos frutos. O mecanismo de ação na redução do "russetting" está relacionado ao controle do alongamento das células da epiderme, tornando-as mais resistentes a rachaduras. As giberelinas não só aumentam o tamanho das células em maçãs, mas também a plasticidade da cutícula em 25%. Em regiões de clima ameno, o uso de fitoreguladores pode corrigir esse problema, evitando a rachadura do fruto (BURAK; BÜYÜKYILMAZ, 1998; ECCHER, 1978).

A pesquisa teve como objetivos avaliar o efeito da promalina aplicada durante o cultivo do caqui 'Fuyu' bem como o uso de diferentes temperaturas de armazenamento na qualidade pós-colheita dos frutos.

## Material e métodos

### Procedência dos frutos

Os frutos de caquizeiro (*Diospyrus kaki* L.) cv. Fuyu foram obtidos de pomar comercial, em plena produção (sete anos), de propriedade da Agropecuária Boutin, instalada no município de Porto Amazonas, Estado do Paraná, na safra de 2005/2006. As práticas de propagação, preparo de solo, adubação, irrigação, tratos culturais e controle fitossanitário foram conduzidas conforme padrão comercial para a cultura na região. Um grupo de plantas de caqui recebeu a aplicação de promalina, realizada em plena floração, com temperatura média de 20°C, na dose de 2,5 L ha<sup>-1</sup>, aplicada por pulverizador costal com bico leque 11004; e, em outro grupo de plantas, não foi aplicada a promalina.

### Experimentos de armazenamento

Os frutos que não receberam a promalina foram subdivididos aleatoriamente em dois grupos: um grupo constituído de 72 frutos foi armazenado em temperatura ambiente (20 a 26°C), e outro grupo, também de 72 frutos, foi armazenado na temperatura de 4°C (câmara fria). Os frutos tratados, no pomar, com a promalina também foram subdivididos aleatoriamente em dois grupos de 72 frutos e armazenados nas mesmas condições.

Na câmara fria (Agropecuária Boutin), os frutos foram armazenados em mesmo ambiente dos frutos destinados, em rotina, para a comercialização, tanto os que receberam a aplicação da promalina, quanto os que não receberam a aplicação desse produto.

Os frutos foram acondicionados com o cálice para baixo, dentro de células individualizadas, em bandeja plástica, a qual foi alocada no fundo de caixa de papelão, padrão de armazenagem de 12 frutos.

As avaliações dos frutos armazenados em temperatura ambiente foram realizadas a cada quatro dias e as dos frutos armazenados em câmara fria, a cada 16 dias.

No experimento 1, os tratamentos foram caracterizados por: SPTA, frutos de caqui sem adição de promalina e permaneceram armazenados em temperatura ambiente (20-26°C) por tempos de 0, 4, 8, 12 e 16 dias; CPTA, frutos de caqui tratados com promalina e permaneceram armazenados em temperatura ambiente (20-26°C) por tempos de 0, 4, 8, 12 e 16 dias.

No experimento 2, os tratamentos foram caracterizados por: SPCF, frutos de caqui sem adição de promalina e permaneceram armazenados em câmara fria (4°C) por tempos de 0, 16, 32 e 48 dias; CPCF, frutos de caqui tratados com promalina e permaneceram armazenados em câmara fria (4°C) por tempos de 0, 16, 32 e 48 dias.

### Avaliação da qualidade de frutos armazenados

#### Firmeza do fruto

A firmeza do fruto foi determinada com auxílio de penetrômetro modelo FT 327, com ponteira de 8 mm de diâmetro. Foram utilizados 12 frutos (repetições) e a determinação foi realizada com remoção de pequena porção da casca na região equatorial dos frutos. Os valores, obtidos em quilogramas, foram multiplicados pelo fator 9,80665 e convertidos para Newton (N).

#### Preparo da amostra de polpa de caqui

Três frutos, por repetição, foram utilizados para as análises: enzimática, pH e sólidos solúveis (em °Brix); e, com o auxílio de uma centrífuga doméstica, foi obtida uma polpa. Esse procedimento foi feito em quadruplicata.

#### Atividade da enzima poligalacturonase

A polpa obtida a partir dos frutos, em quadruplicata, foi diluída a 5%, em água, constituindo o extrato enzimático. A atividade da poligalacturonase foi determinada pela formação de açúcares redutores medidos pelo método DNS (solução de 3,5 dinitrosalicilato) (MILLER, 1959). O meio de reação constou de 1 mL do produto pectina cítrica comercial (5 mg mL<sup>-2</sup>, em tampão acetato de sódio 0,1 M, pH 5) e 0,5 mL do extrato enzimático, sendo a mistura incubada em 30°C por 15 min. Foi realizado um controle com o substrato sem a enzima. Uma unidade de poligalacturonase foi definida como a quantidade de enzima que libera 1 µg de açúcar redutor mL<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup>.

#### Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis, em Brix, foram determinados na polpa do fruto caqui, em quadruplicata, por leitura em refratômetro manual modelo 103 BP e com valor corrigido para 20°C, segundo Carvalho et al. (1990).

#### pH

Determinado na polpa do fruto caqui, em quadruplicata, pela leitura direta em aparelho medidor de pH, marca Fischer Scientific, Modelo AB 15.

### Análise estatística

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado para os experimentos 1 e 2, em que a unidade experimental foi o fruto. Os dados foram avaliados por meio de regressão polinomial ( $p \leq 0,01$ ).

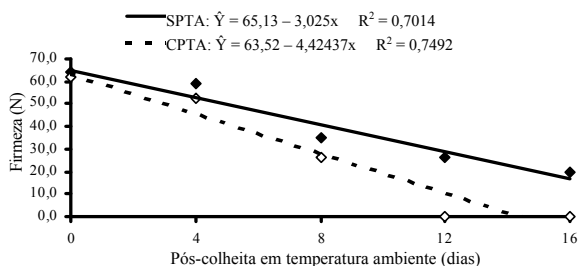
### Resultados e discussão

A firmeza dos frutos armazenados em temperatura ambiente ( $20-26^{\circ}\text{C}$ ) e em câmara fria ( $4^{\circ}\text{C}$ ) diminuiu significativamente ( $p < 0,01$ ) em função do tempo (dias). Segundo os valores de  $R^2$ , os modelos da Figura 1 apresentam 70,14 e 74,92% de variabilidade na firmeza para os tratamentos sem promalina, em temperatura ambiente (SPTA) e com promalina em temperatura ambiente (CPTA). Os modelos da Figura 2 apresentam 84,76 e 68,79% da variabilidade em firmeza para os tratamentos sem promalina na câmara fria (SPCF) e com promalina na câmara fria (CPCF), respectivamente.

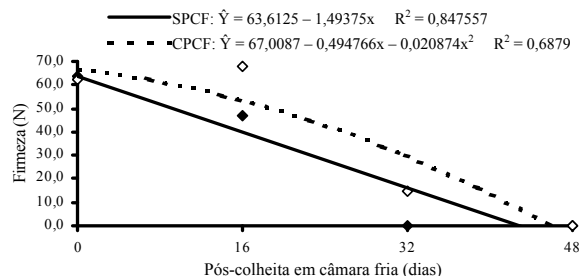
Os frutos do tratamento SPTA apresentaram expressiva perda de firmeza a partir do 8º dia (Figura 1), e esses frutos apresentaram firmeza aceitável para o consumo até o 16º dia de armazenamento (20,0 N). Os frutos do tratamento CPTA apresentaram firmeza aceitável para consumo até o 8º dia (26,0 N), perdendo totalmente a firmeza a partir do 12º dia de armazenamento.

O armazenamento em câmara fria manteve a característica de firmeza dos frutos em boas condições para o consumo por mais tempo, acima de 16 dias (Figura 2), tanto para o tratamento SPCF como para o CPCF. Para ambos os tratamentos, as firmezas foram de apenas 0,2 e 15,0 N, respectivamente, após 32 dias. Os frutos que receberam a promalina no pomar (CPCF) apresentaram-se mais firmes.

O comportamento da atividade da enzima poligalacturonase (PG) para os frutos armazenados em temperatura ambiente e para os frutos da câmara fria está representado pelos modelos das Figuras 3 e 4, respectivamente.

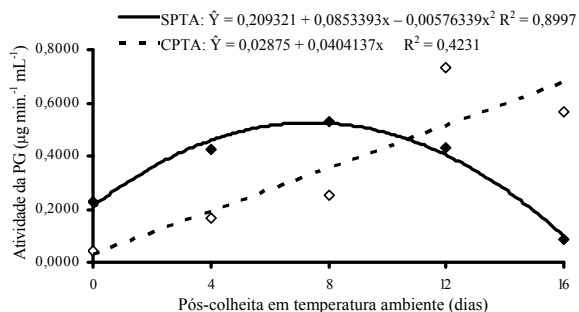


**Figura 1.** Firmeza (em N) da polpa de frutos de caqui 'Fuyu', armazenados em temperatura ambiente ( $20-26^{\circ}\text{C}$ ), sem e com promalina.

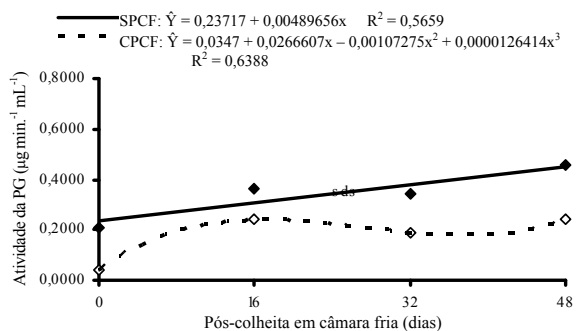


**Figura 2.** Firmeza (em N) da polpa de frutos de caqui 'Fuyu', armazenados em câmara fria ( $4^{\circ}\text{C}$ ), sem e com promalina.

Segundo os valores de  $R^2$ , os modelos da Figura 3, em que os frutos foram armazenados em temperatura ambiente, explicam 89,97 e 42,31 % de variabilidade na atividade da PG para os tratamentos SPTA e CPTA, respectivamente. A atividade da PG nos frutos do tratamento SPTA, que no tempo zero foi de 0,2258, aumentou até um valor máximo de 0,5295 no 8º dia, diminuindo no 16º dia para um mínimo de 0,0850. Nos frutos do tratamento CPTA, a atividade da PG que foi igual a 0,1730, no tempo zero, aumentou a partir do 8º dia (0,2548) e atingiu valor máximo de 0,7308 no 12º dia, diminuindo para 0,5679 no 16º dia de armazenamento.



**Figura 3.** Atividade da enzima poligalacturonase ( $\mu\text{g mL}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) da polpa de frutos de caqui 'Fuyu', armazenados em temperatura ambiente ( $20-26^{\circ}\text{C}$ ), sem e com promalina.



**Figura 4.** Atividade da enzima poligalacturonase ( $\mu\text{g mL}^{-1} \text{min}^{-1}$ ) da polpa de frutos de caqui 'Fuyu', armazenados em câmara fria ( $4^{\circ}\text{C}$ ), sem e com promalina.

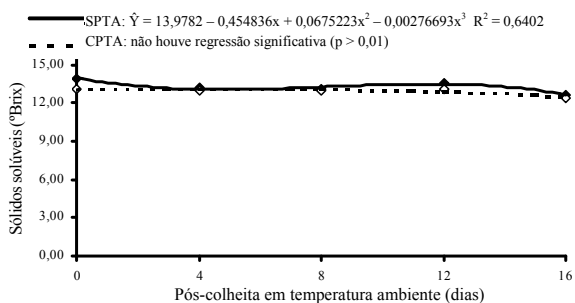
Na refrigeração (Figura 4), os modelos explicam 56,59 e 63,88% de variabilidade em atividade da PG

para os tratamentos SPCF e CPCF, respectivamente. A atividade da PG na polpa dos frutos do tratamento SPCF foi igual a 0,2112 para o tempo zero e aumentou até o máximo de 0,4668 no 48º dia de armazenamento. Nos frutos que receberam a promalina no pomar (tratamento CPCF), a atividade da PG foi comparativamente menor, e, no tempo zero, foi igual a 0,0347, aumentando para 0,2384 no 16º dia de armazenamento, e nos dias 32 e 48 apresentaram valores próximos.

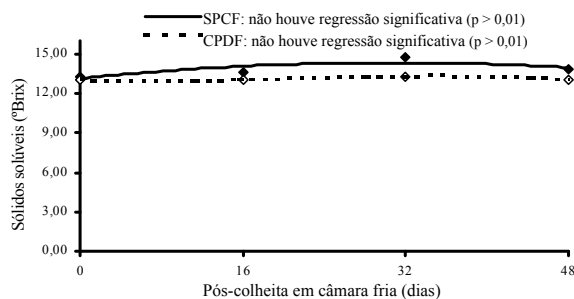
Com base nos resultados de firmeza e de atividade da PG, pode ser inferido que os frutos dos tratamentos em câmara fria (Figura 2) apresentaram, no dia 16, melhores firmezas iguais a 47,0 N (SPCF) e 68,0 N (CPCF) comparadas, respectivamente, com as dos frutos armazenados em temperatura ambiente (Figura 1) que foram iguais a 20,0 N para o tratamento SPTA e 0,0 N para o CPTA.

Em relação aos sólidos solúveis (SS), para os frutos do tratamento SPTA houve diminuição significativa ( $p < 0,01$ ) em função do tempo de armazenamento (Figura 5), e, no tempo zero, foi igual a 13,95º Brix, e, no 16º dia, esse teor caiu para 12,63º Brix. Segundo o valor de  $R^2$ , o modelo explica 64,02% da variabilidade em SS para o tratamento SPTA. No tratamento CPTA, o teor de SS foi 13,10º Brix no tempo zero, e, no 16º dia de armazenamento, foi igual a 12,38º Brix. Não houve efeito significativo entre o teor de SS e o tempo de armazenamento para o tratamento CPTA.

Na câmara fria (Figura 6), os SS dos frutos dos tratamentos SPCF e CPCF, que no tempo zero foram iguais a 13,30 e 13,00º Brix, no 32º dia atingiram 14,80 e 13,30º Brix, e no 48º dia de armazenamento, foram iguais a 13,80 e 13,00º Brix, respectivamente. Não houve efeito significativo entre o teor de SS e o tempo de armazenamento para ambos os tratamentos, SPCF e CPCF.



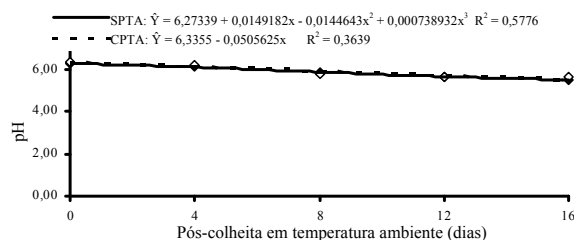
**Figura 5.** Sólidos solúveis (em °Brix) da polpa de frutos de caqui 'Fuyu', armazenados em temperatura ambiente (20-26°C), sem e com promalina.



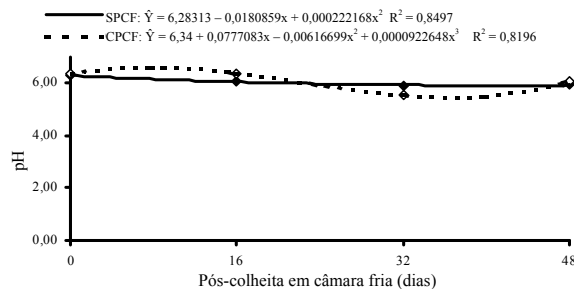
**Figura 6.** Sólidos solúveis (em °Brix) da polpa de frutos de caqui 'Fuyu', armazenados em câmara fria (4°C), sem e com promalina.

Os frutos de caqui 'Fuyu', que são apenas ligeiramente ácidos, apresentaram para os tratamentos em temperatura ambiente SPTA e CPTA (Figura 7) valores de pH no tempo zero iguais a 6,28 e 6,34, e houve decréscimo ( $p \leq 0,01$ ) expressivo do pH durante os 16 dias do armazenamento, atingindo os valores mínimos de 5,52 e 5,63, respectivamente. Segundo os valores de  $R^2$ , os modelos explicam 57,76 e 36,39% da variabilidade em pH para o tratamento SPTA e o CPTA, respectivamente.

Nos frutos em câmara fria do tratamento SPCF (Figura 8), também houve diminuição ( $p < 0,01$ ) expressiva de pH em função do tempo de armazenamento, e o modelo explica 84,97% da variabilidade. Os frutos armazenados em câmara fria que receberam a aplicação da promalina no pomar (tratamento CPCF) apresentaram diminuição ( $p < 0,01$ ) expressiva de pH apenas no 32º dia de armazenamento. O modelo explica 81,96% da variabilidade.



**Figura 7.** pH da polpa de frutos de caqui cv. 'Fuyu', armazenados em temperatura ambiente (20-26°C), sem e com promalina.



**Figura 8.** pH da polpa de frutos de caqui cv. 'Fuyu', armazenados em câmara fria (4°C), sem e com promalina.

Em muitos frutos, como pêssego, pera, abacate, tomate, o amolecimento tem sido atribuído ao aumento da atividade da PG, sendo acompanhado de aumento das pectinas solúveis (BRETT; WALDRON, 1990). Resende et al. (1997), em pesquisa com a atividade da PG em tomate, confirmaram a importância da ação da PG no amaciamento de frutos. Semelhante comportamento foi observado por Cutillas-Iturralde et al. (1993) em caqui, cujo amaciamento, ocorrido durante o desenvolvimento do fruto, foi atribuído à ação de hidrolases na parede celular.

A baixa temperatura da câmara fria usada na pesquisa atual retardou a perda de firmeza dos frutos do tratamento SPCF, em comparação com a dos frutos armazenados em temperatura ambiente (tratamento SPTA), também sem promalina.

Para os frutos armazenados na câmara fria (tratamentos SPCF e CPCF), a promalina contribuiu para a melhoria da firmeza. No entanto, a promalina não produziu o mesmo efeito em frutos armazenados em temperatura ambiente. Os frutos do tratamento CPTA (em temperatura ambiente) os quais receberam a aplicação da promalina no pomar apresentaram redução brusca da firmeza a partir do 8º dia, o que pode ser explicado pelo rápido estabelecimento do processo de senescência nesses frutos.

Segundo Mitcham et al. (1998), frutos *in natura* considerados bons para o consumo devem apresentar valores de firmeza de polpa entre 60 e 20 N. Na pesquisa atual, os frutos armazenados em temperatura ambiente mantiveram firmeza adequada para o consumo por 16 e oito dias para os tratamentos SPTA e CPTA, respectivamente. A câmara fria manteve a firmeza dos frutos por mais tempo, entre 16 e 32 dias, para ambos os tratamentos, SPCF e CPCF, respectivamente.

Os dados determinados para a atividade da PG, bem como para a firmeza, permitem inferir que a promalina aplicada durante o cultivo (no pomar), por estimular a atividade da PG em frutos de caqui 'Fuyu' armazenados em temperatura ambiente (20-26°C), antecipou a perda de firmeza desses frutos, resultando em menos tempo de armazenamento. O uso da promalina contribuiu para a solubilização da enzima PG nos caquis, favorecendo sua liberação a partir das unidades de armazenamento (vacúolos) e, por conseguinte, sua atividade.

Os valores determinados para os SS nos caquis armazenados, que variam de um mínimo de 12,63º Brix até um máximo de 14,80º Brix, estão em concordância com aqueles obtidos por Raupp et al. (2008), que determinaram 9,3º Brix para frutos mais verdes e 14,6º Brix para frutos totalmente

amadurecidos e com textura apropriada para o consumo. A diminuição do teor de SS para os frutos armazenados em temperatura ambiente (SPTA), de 13,95 para 12,63º Brix, pode ser explicada e atribuída aos processos que transformam ou degradam os sólidos solúveis (açúcares, ácidos orgânicos), como a respiração celular e a senescência. Na respiração celular, açúcares e ácidos orgânicos são utilizados para produção de energia, necessária para as atividades metabólicas vitais da célula. Frutos em senescência apresentam processos degradativos mais acelerados para diversas substâncias, incluindo os açúcares presentes na polpa.

Martins et al. (2004) obtiveram valores decrescentes para SS de caquis armazenados, que foram atribuídos, provavelmente, às fermentações. Em outra pesquisa (FERRI et al., 2002) com caqui 'Fuyu' foi determinada variação de 14-19º Brix.

Durante a maturação, as enzimas pécicas PG e PE presentes no fruto, como o caqui 'Fuyu', por hidrolisarem as substâncias pécicas constituintes da parede celular das células, passam a produzir ácidos pécicos e ácidos poligalacturônicos os quais podem aumentar a acidez e diminuir o pH do fruto, quando não forem convertidos metabolicamente para açúcares solúveis ou na respiração celular para a produção de energia. As substâncias ácidas dos frutos (ácidos cítrico, málico e tartárico) podem ser metabolizadas, por serem produtos intermediários da respiração celular, para a produção de energia, e, também, podem ser convertidas para açúcares solúveis, como glicose, frutose e sacarose. Essas atividades metabólicas podem, em determinados momentos, como durante o processo natural da maturação de frutos ou na armazenagem, estar correlacionadas e explicar a alteração de acidez nesses frutos.

Diminuição de pH para os caquis do tratamento que não recebeu a promalina no pomar, tanto na armazenagem em temperatura ambiente (de 20-26°C) como também com retardamento, em câmara fria (4°C), pode ser indicativo da degradação da polpa do fruto. A acidez é apresentada por Daood et al. (1992) como decrescente durante o processo da maturação do fruto caqui, mas, segundo Senter et al. (1991), essa variação não é expressiva. Contrastando com isso, segundo Wills et al. (1981), durante a maturação da maioria dos frutos ocorre diminuição da acidez em virtude do aproveitamento de ácidos como fonte de energia.

## Conclusão

O uso da câmara fria (4º C) manteve a boa firmeza dos caquis para a comercialização acima de

16 dias, para os frutos sem e com a aplicação de promalina no pomar. A promalina contribuiu para a melhoria da firmeza dos frutos armazenados em câmara fria.

Na temperatura ambiente (20-26°C), os tempos para a firmeza adequada para o consumo foram de 16 e 8 dias para os frutos sem e com a aplicação de promalina no pomar. A promalina não produziu o mesmo efeito em frutos armazenados em temperatura ambiente.

A atividade da enzima poligalacturonase (PG) foi coincidente com a alteração de firmeza dos frutos, e o pH diminuiu.

### Agradecimentos

À Agropecuária Boutin Ltda., pela doação dos frutos sem os quais esse trabalho não poderia ser realizado.

### Referências

- ANTHON, G. E.; SEKINE, Y.; WATANABE, N.; BARRETT, D. M. Thermal inactivation of pectin methyl esterase, polygalacturonase and peroxidase in tomato juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6153-6159, 2002.
- ASSIS, S. A.; LIMA, D.C.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Acerola's pectin methylesterase: studies of heat inactivation. **Food Chemistry**, v. 71, n. 4, p. 465-467, 2000.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993.
- BEN-ARIE, R.; ZUTKHI, Y. Extending the storage life of 'Fuyu' persimmon by modified atmosphere packaging. **HortScience**, v. 27, n. 7, p. 811-813, 1992.
- BICALHO, U. O.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F.; COELHO, A. H. R. Modificações texturais em mamões submetidos à aplicação pós-colheita de cálcio e embalagens PVC. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 1, p. 136-146, 2000.
- BRACKMANN, A.; MAZARO, S. M.; SAQUET, A. A. Frigoconservação de caquis (*Diospyrus kaki*, L.) das cultivares Fuyu e Rama Forte. **Ciência Rural**, v. 27, n. 4, p. 561-565, 1997.
- BRETT, C.; WALDRON, K. **Physiology and biochemistry of plant cell walls**. London: Unwin Hyman, 1990.
- BURAK, M.; BÜYÜKYILMAZ, M. Effect of Promalin on fruit shape and quality of starring Delicious apple cultivar. **Acta Horticulturae**, v. 463, n. 1, p. 365-369, 1998.
- CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAIS, R. M. M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. (Manual Técnico).
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortalças – fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005.
- COLLINS, R. J.; TISDELL, J. S. The influence of storage time and temperature on chilling injury in Fuyu and Suruga persimmon (*Diospyrus kaki* L.) grown in subtropical Australia. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, n. 1-2, p. 149-157, 1995.
- CUTILLAS-ITURRALDE, A.; ZARRA, I.; LORENCES, E. P. Metabolism of cell wall polysaccharides from persimmon fruit - pectin solubilization fruit ripening occurs in apparent absence of polygalacturonase activity. **Physiologia Plantarum**, v. 89, n. 2, p. 369-375, 1993.
- DABUL, A. N. G.; AYUB, R. A. Efeito da aplicação de Promalin em frutos de maçã (*Malus domestica*) cv. Gala. **Revista Ceres**, v. 52, n. 301, p. 351-356, 2005.
- DAOOD, H. G.; BIACS, P.; CZINKOTAI, B.; HOSCHKE, A. Chromatographic investigation of carotenoids, sugars and organic acids from *Diospyros kaki* fruits. **Food Chemistry**, v. 45, n. 2, p. 151-155, 1992.
- ECCHER, T. Russetting of Golden Delicious apples as related to endogenous and exogenous gibberellins. **Acta Horticulturae**, v. 80, n. 1, p. 381-385, 1978.
- ELFVING, D. C.; VISSER, D. B. Cyclanilide induces lateral branching in sweet cherry trees. **HortScience**, v. 41, n. 1, p. 149-153, 2006.
- EVANGELISTA, R. M.; CHITARRA, A. B.; CHITARRA, M. I. F. Influência da aplicação pré-colheita de cálcio na textura e na atividade das enzimas PG, PME e β-galactosidase de mangas 'Tommy Atkins' armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, ed. esp., p. 174-181, 2000.
- FAUATE, A.; FAUATE, M.; AYUB, R. A.; MALGARIM, M. B. Aplicação de GA4.7 + BA (promalina) afetando o crescimento, desenvolvimento e qualidade do caqui (*Diospyrus kaki* L.) cv. Fuyu. **Revista Ceres**, v. 54, n. 313, p. 225-229, 2007.
- FERRI, V. C.; RINALDI, M. M.; LUCCHETTA, L.; ROMBALDI, C. V. Qualidade de caquis Fuyu tratados com cálcio em pré-colheita e armazenamento sob atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 385-388, 2002.
- GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R.; CORRENT, A. R.; ROMBALDI, C. V. Conservação de caqui (*Diospyrus kaki* L.), cv. Fuyu, pela aplicação de 1-metilciclopropeno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 54-56, 2003.
- GORINI, F. L.; TESTONI, A. Raccolta, conservazione e trasformazione dei frutti di kaki. **Annali dell'Istituto Sperimentale per la Valorizzazione Tecnologica dei Prodotti Agricoli**, v. 19, n. 7, p. 249-258, 1988.
- GREENE, D. W. A comparison of the effects of several cytokinins on apple fruit set and fruit quality. **Acta Horticulturae**, v. 329, n. 1, p. 144-146, 1993.
- JEN, J. J.; ROBINSON, M. L. P. Pectolytic enzymes in sweet bell peppers (*Capsicum annuum* L.). **Journal of Food Science**, v. 49, n. 4, p. 1085-1087, 1984.
- LEE, Y. J. Browning disorders of "Fuyu" persimmon fruit caused by low oxygen and low temperature in modified atmosphere storage. **Journal of the Korean Society for Horticultural Science**, v. 42, n. 6, p. 725-731, 2001.

- LEE, S. K.; SHIN, L. S.; PARK, Y. M. Factors involved in skin browning of non adstringency 'Fuyu' persimmon. **Acta Horticulturae**, v. 343, n. 1, p. 300-303, 1993.
- MacRAE, E. A. Development at chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, v. 15, n. 4, p. 333-344, 1987.
- MARTINS, F. P.; PEREIRA, F. M. **Cultura do caquizeiro**. Jaboticabal: Funep; Legis Lumma, 1989.
- MARTINS, C. R.; GIRARDI, C. L.; CORRENT, A. R.; SCHENATO, P. G.; ROMBALDI, C. V. Períodos de refrigeração antecedendo o armazenamento sob atmosfera controlada na conservação de caqui 'Fuyu'. **Ciência Agrotécnica**, v. 28, n. 4, p. 815-822, 2004.
- MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959.
- MITCHAM, J. E.; CRISOSTO, C. H.; KADER, A. A. **Recommendations for maintaining postharvest quality**. Davis: University of California, 1998.
- PENTEADO, S. R. **Fruticultura de clima temperado em São Paulo**. Campinas: Fundação Cargil, 1986.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Solubilization of cell walls by tomato polygalacturonase: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, v. 6, n. 1, p. 57-74, 1982.
- PRIVÉ, J. P.; ELFVING, D. C.; PROCTOR, J. T. A. Paclobutrazol, gibberellin and cytokinin effects on growth, development, and histology of apple pedicel and fruits. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 114, n. 2, p. 273-278, 1989.
- RAUPP, D. S.; AYUB, R. A.; AMARAL, M. C. M.; DABUL, A. N. G.; SIMA, C.; SILVA, L. C. P. Passas de caqui 'Fuyu': processamento e aceitabilidade, **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 97-102, 2008.
- RESENDE, J. M.; CHITARRA, M. I. F.; MALUF, W. R.; CHITARRA, A. B. Qualidade pós-colheita em genótipos de tomate do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, v. 15, n. 2, p. 92-98, 1997.
- SENDER, S. D.; CHAPMAN, G. W.; FORBUS JR., W. R.; PAYNE, J. A. Sugar and nonvolatile acid composition of persimmons during maturation. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 4, p. 989-991, 1991.
- TURK, R. The cold storage of persimmons (*Diospyros kaki* cv. Fuyu) harvested at different maturities and the effect of different CO<sub>2</sub> applications on fruit ripening. **Acta Horticulturae**, v. 343, n. 1, p. 190-194, 1993.
- WILLS, R. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D.; MCGLASSON, W. B.; HALL, E. G. **Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables**. London: Granada, 1981.
- WOOLF, A. B.; BALL, S.; SPOONER, K. J.; LAY-YEE, M.; FERGUSON, I. B.; WATKINS, C. B.; GUNSON, A.; FORBES, S. K. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 3, p. 155-164, 1997.

Received on December 15, 2008.

Accepted on August 2, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.