



Estabelecimento de índices de maturação para o ponto de colheita de frutos de caqui 'Fuyu'

Juliana Golin Krammes¹, Luiz Carlos Argenta²,
Marcelo José Vieira³ e Marcos Antônio Bacarin⁴

Resumo – Este estudo objetivou estabelecer índices de maturação para o ponto ideal de colheita de caqui 'Fuyu' cultivado em Fraiburgo, SC. Frutos de caquis 'Fuyu' foram colhidos e classificados em seis estádios de maturação em 2002 e 2003. Um dia após a colheita, os frutos foram analisados quanto à coloração da casca, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis, acidez titulável, respiração e produção de etileno. Mudanças gradativas da coloração da casca dos frutos de verde para vermelho, redução da firmeza da polpa e aumento no teor de sólidos solúveis ocorreram com o avanço da maturação. A acidez titulável não variou significativamente com o estágio de maturação. As taxas respiratória e de produção de etileno aumentaram significativamente apenas em frutos colhidos no estágio supermaduro. Os índices de maturação para colheita de caquis 'Fuyu' destinados ao armazenamento e/ou ao transporte a longa distância corresponderam aos teores de sólidos solúveis entre 14,6% e 15,3%, firmeza da polpa entre 63 e 66N (~14 e 15lb), índice hue entre 73 e 66 e índice visual de cor 4.

Termos para indexação: *Diospyros kaki*, qualidade, estádios de maturação.

Establishing maturity indices for harvest timing of persimmon fruit cv. Fuyu

Abstract – This study was carried out to establish maturity indices for harvest timing of persimmon fruit 'Fuyu' grown in Fraiburgo, SC. 'Fuyu' persimmon fruits were harvested and classified at six stages of ripening in 2002 and 2003. Fruit skin color, flesh firmness, soluble solids content, titratable acidity, respiration and ethylene production were determined one day after harvest. Gradual changes on fruit skin color from green to red, reduction in flesh firmness, and increase in soluble solids content occurred as the maturation advanced. The titratable acidity did not change significantly with ripening. The rates of ethylene production and the rates of respiration increased significantly only in fruits harvested on overripe stage. Thus, the maturity indices for 'Fuyu' persimmon fruits harvested to storage and/or to transport were determined as 14,6 - 15,3% of soluble solids content, about 63 and 66N (~14 e 15lb) of flesh firmness, hue index between 73 and 66 and visual color index 4.

Index terms: *Diospyros kaki*, quality, maturity stadium.

Introdução

O caqui é originalmente adstringente (Yamada, 1994) e, em alguns países, inclusive no Brasil, é comumente consumido após o seu amolecimento, ou seja, em estágio supermaduro, quando a adstringência desaparece naturalmente. No Japão, Europa e América do Norte o caqui é preferencialmente consumido quando ainda firme e crocante (Yamada, 1994; Crisosto

et al., 1999). Existem várias cultivares de caqui chamadas "não-adstringentes" que perdem naturalmente a adstringência antes da colheita (quando ainda firmes) ou que apresentam acúmulo mínimo de substâncias adstringentes durante seu desenvolvimento, como é o caso da cultivar Fuyu (Yamada, 1994).

Durante a maturação de caquis ocorrem mudanças consistentes na aparência, sabor e textura (Forbus

Jr. et al., 1991; Mowat et al., 1997). Medidas dessas alterações físicas e químicas são usadas como índices de maturação e indicadores do ponto ideal de colheita para muitas espécies de frutos perecíveis, inclusive para o caqui (Kitagawa & Glucina, 1984; Forbus Jr. et al., 1991; Crisosto et al., 1999). Os índices de maturação na colheita servem como indicadores de qualidade, podendo viabilizar a comercialização a distância sem a

Aceito para publicação em 16/10/06.

¹Eng. agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Caçador, bolsista Capes, C.P. 591, 89500-000 Caçador, SC, fone: (49) 3563-0211, e-mail: ju.golin@bol.com.br.

² Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador, e-mail: argenta@epagri.sc.gov.br.

³ Eng. agr., Epagri/Estação Experimental de Caçador, bolsista CNPq, e-mail: marjv@bol.com.br.

⁴ Eng. agr., Dr., UFPel, Instituto de Biologia, C.P. 345, 96010-900 Pelotas, RS, fone: (53) 3275-7336, e-mail: bacarin@ufpel.tche.br.

exibição prévia dos frutos. O estabelecimento e o uso de índices de maturação permitem que frutos sejam colhidos em estágio de maturação mais apropriado de acordo com seu destino após a colheita. Em geral, fruto colhido tardiamente apresenta máxima qualidade sensorial e de aparência na colheita, mas pode apresentar baixo potencial de conservação da qualidade após a colheita. A maturação e a qualidade de caqui na colheita variam entre cultivares, com as condições climáticas e os sistemas de manejo do pomar (Kitagawa & Glucina, 1984; Mowat et al., 1997). Por isso, o monitoramento da maturação e a determinação do ponto de colheita de frutos devem ser realizados pela combinação de vários índices de maturação.

O objetivo desse estudo foi caracterizar a maturação pela avaliação de mudanças fisiológicas e da qualidade dos frutos na planta, visando estabelecer índices de maturação para o ponto de colheita de caqui 'Fuyu', produzido sob as condições de Fraiburgo, SC.

Material e métodos

Frutos

Caquis 'Fuyu' foram colhidos em pomar comercial na região de Fraiburgo, SC, em 2002 e 2003. Os frutos foram visualmente classificados em seis estádios de desenvolvimento de acordo com a coloração da casca (Figura 1) e assim nomeados:

- Estádio 1 (E1): fruto imaturo, com superfície predominantemente verde;
- Estádio 2 (E2): fruto maduro-incipiente, verde-amarelo (frutos com superfície predominantemente verde e com menos de 50% da superfície amarela);
- Estádio 3 (E3): fruto meio maduro,

amarelo-verde (frutos com superfície predominantemente amarela e com menos de 50% da superfície verde);

- Estádio 4 (E4): fruto meio maduro, amarelo-laranja (frutos com superfície predominantemente amarela e com menos de 50% da superfície laranja);
- Estádio 5 (E5): fruto maduro, laranja-amarelo (frutos com superfície predominantemente laranja e com menos de 50% da superfície amarela);
- Estádio 6 (E6): fruto super maduro, laranja-vermelho.

Em 2002, a colheita foi realizada dia 1º de maio para os estádios 2 a 4 e nos dias 8 e 17 de maio para os frutos nos estádios 5 e 6, respectivamente. Em 2003, os frutos foram colhidos no dia 25 de abril nos estádios de 1 a 4 e no dia 3 de maio no estádio 5.

As temperaturas médias durante a maturação e colheita dos frutos foram obtidas em estação meteorológica localizada a 5km do pomar onde os frutos foram colhidos.

Análises da maturação e qualidade

Os frutos foram analisados quanto à coloração da casca, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT), taxas respiratórias e de produção de etileno um dia após a colheita. A coloração da superfície dos frutos foi avaliada em três posições da casca de cada fruto, duas medidas em dois lados opostos da região equatorial e uma medida na superfície distal em relação ao cálice. A coloração foi estimada visualmente, dando-se notas de 2 a 8, conforme tabela de cores desenvolvida para o caqui 'Fuyu' (Yamazaki & Suzuki, 1980). As menores notas referem-se a cores verde-amarelas e as maiores notas referem-se a cores laranja-vermelhas. Adicionalmente, a coloração dos frutos foi determinada por colorímetro (CR300, Minolta) e expressa em índice hue. Os teores de SS e a AT foram determinados no suco preparado

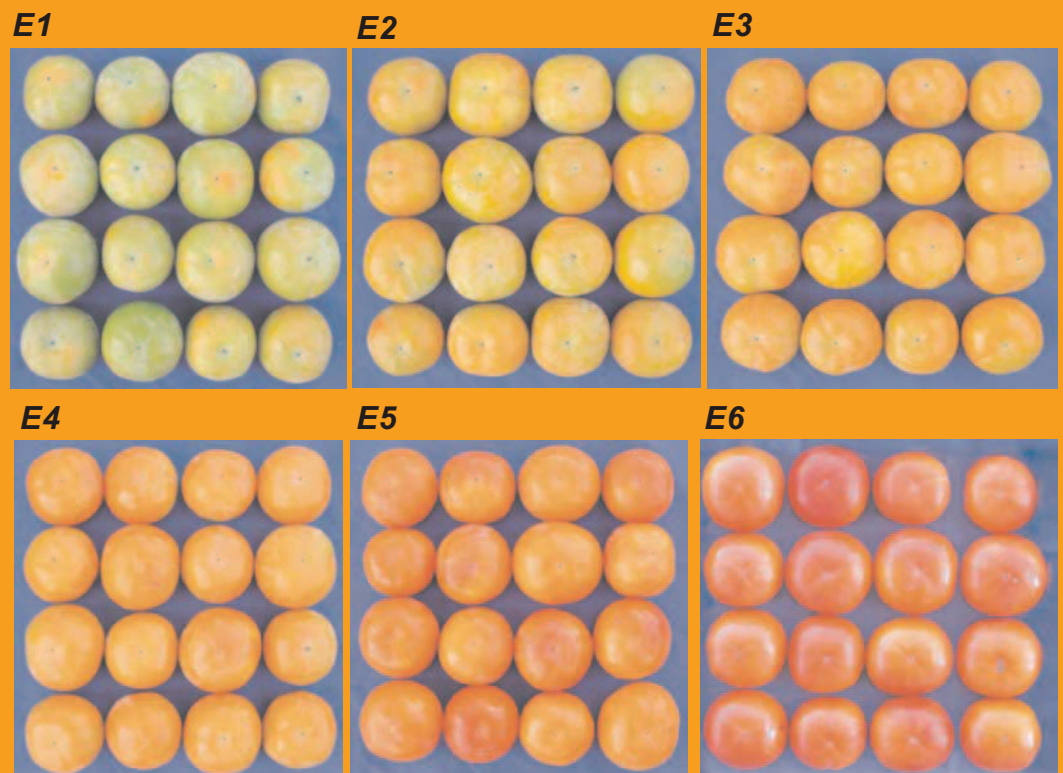


Figura 1. Estádios de maturação de frutos de caquis 'Fuyu' classificados visualmente pela coloração da superfície. (E1): imaturo, superfície predominantemente verde; (E2): maduro-incipiente, superfície verde-amarela (> 50% verde); (E3): meio maduro, superfície amarelo-verde (> 50% amarelo); (E4): meio maduro, superfície amarelo-laranja (> 50% amarelo); (E5): maduro, superfície laranja-amarela (> 50% laranja); (E6): supermaduro, superfície laranja-vermelha

com espremedor tipo Champion (Plastaket Mgf.). Os teores de SS foram determinados usando-se refratômetro digital (Atago) e a AT foi determinada pela titulação do suco com NaOH 0,1 N até pH 8,2, usando-se um titulador automático (Radiometer). A firmeza da polpa foi medida em três pontos na região equatorial de cada fruto usando-se um penetrômetro com ponteira de 8mm (Güss).

As taxas respiratórias e de produção de etileno foram determinadas em amostras de cinco frutos mantidas a 23°C em jarras (4L) de vidro e tampas de plástico, supridas com ar comprimido livre de etileno, com fluxo de 100ml/min. As concentrações de CO₂ e etileno no ar efluente foram analisadas por meio de um cromatógrafo a gás (Shimadzu, 14B), conforme descrito por Krammes et al., 2005.

Análises estatísticas

O delineamento experimental usado foi o de blocos casualizados com três repetições, sendo a unidade experimental constituída de 20 frutos. Os tratamentos foram os cinco estádios de maturação (E2 a E6 em 2002 e E1 a E5 em 2003). As análises da cor da casca e da firmeza da polpa foram feitas para cada fruto (20 determinações por repetição), enquanto as análises de SS e AT foram feitas utilizando suco de quatro subamostras de cinco frutos (quatro determinações por repetição). As taxas de produção de etileno e respiratória foram medidas utilizando quatro subamostras de cinco frutos (quatro determinações por repetição). Os dados foram submetidos à análise de variância e a diferença mínima significativa (DMS) entre tratamentos foi determinada pelo teste de Fisher ($\alpha = 0,05$) usando versão 6.12 do SAS (SAS Institute).

Resultados e discussão

A maturação de caqui 'Fuyu' na planta foi visualmente evidenciada pela mudança da coloração da casca de verde (fruto imaturo) a amarelo-laranja (fruto maduro) e finalmente a laranja-vermelha (fruto supermaduro) (Figuras 1 e 2A). Essas mudanças da coloração da super-

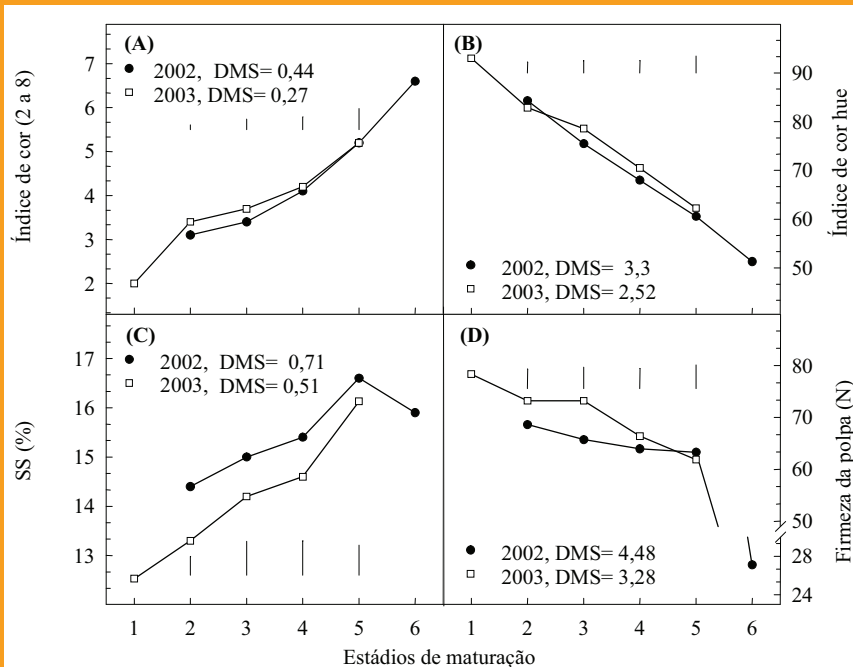
fície de caquis resultam da degradação da clorofila (pigmento verde) e do aumento da síntese de carotenóides (β -caroteno, zeaxantina e licopeno, pigmentos amarelos e vermelhos) (Forbus et al. 1991).

Com o avanço da maturação houve aumento do índice de cor (estimado pela tabela de cores de Yamazaki & Suzuki, 1980) e redução do índice hue (Figura 2B), mostrando que essas medidas podem ser usadas como indicadores do estágio de maturação de caqui 'Fuyu'. A mudança da cor na casca dos frutos é um dos indicadores de maturação mais usados para estimar o ponto de colheita comercial de frutos de várias espécies, incluindo caqui (Forbus et al., 1991), pêssego (Kader & Mitchell, 1989) e tomate (Wills et al., 1998).

O ponto de colheita de caqui 'Fuyu' ocorre quando a coloração na região equatorial da casca do fruto atinge índice 6, segundo tabela de Yamazaki & Suzuki (1980), para frutos produzidos no Japão, e índice 5 para frutos produzidos na Nova

Zelândia (Kitagawa & Glucina, 1984). No Sul do Brasil, a colheita comercial de caqui 'Fuyu' normalmente ocorre quando os frutos estão entre meio maduros (E3) e maduros (E5) (Figura 1) (comunicação pessoal com produtores), correspondendo aos índices de cor de aproximadamente 3,5 e 5 da tabela de Yamazaki & Suzuki (1980) (Figura 2A) e índices hue 76 e 60, respectivamente (Figura 2B). Isso significa que, no ponto de colheita comercial, caqui 'Fuyu' produzido no Sul do Brasil pode apresentar índice de cor inferior àquele de frutos produzidos no Japão.

Condições climáticas e disponibilidade de nutrientes minerais são alguns dos fatores que podem afetar a coloração de caqui na colheita. O desenvolvimento de coloração amarelo-laranja ou vermelha durante a maturação de caqui é maior em frutos cultivados a 20 a 25°C que naqueles cultivados a 15 ou 30°C (Chujo, 1982; Sugiura et al., 1991). Esse efeito da temperatura é



Nota: As barras verticais internas representam as diferenças mínimas significativas ($\alpha = 0,05$) entre anos, para cada estágio de maturação. Valores de DMS ($\alpha = 0,05$) nas legendas representam as diferenças mínimas significativas entre estágio de maturação para cada ano.

Figura 2. (A) Índice de cor da superfície estimado por tabela de cores (escala 2 a 8), (B) ou colorímetro (índice hue), (C) teor de sólidos solúveis (SS) e (D) firmeza da polpa de frutos de caqui 'Fuyu' colhidos em diferentes estádios de maturação em 2002 e 2003

mais evidente durante a segunda fase de crescimento rápido dos frutos (últimos 30 dias antes da colheita) (Sugiura et al., 1991). As temperaturas médias foram 18,3°C em 2002 e 14,9°C em 2003, durante os 30 dias pré-colheita. No presente estudo não foi observado retardamento do desenvolvimento da cor nos frutos colhidos em 2003 relativo a 2002 (Figura 2), apesar da menor temperatura durante o desenvolvimento dos frutos em 2003. Ressalta-se que outros fatores como alta concentração de fósforo na planta e alta densidade de radiação também favorecem o desenvolvimento de coloração laranja-vermelha em caqui (Chujo, 1971; Kitagawa & Glucina, 1984).

As mudanças de cor da superfície dos frutos foram acompanhadas pelo aumento no teor de sólidos solúveis (SS) até o estágio E5 (Figura 2C) e pela diminuição da firmeza da polpa (Figura 2D). Os açúcares são os principais SS presentes no suco dos frutos (Wills et al., 1998). Em 2002, o teor de SS aumentou de 14,4% em fruto maduro-incipiente (E2) para 16,6% em fruto maduro (E6), enquanto em 2003 o teor de SS aumentou de 12,5% em fruto imaturo (E1) para 16,1% em fruto maduro (E5) (Figura 2C). A leve redução do teor de SS observada durante o desenvolvimento de frutos maduros a supermaduros pode estar relacionada ao consumo de açúcares solúveis pelo aumento da respiração (Figura 3). Os teores de SS dos frutos colhidos nos estádios 2 a 4 foram maiores em 2002 do que em 2003, indicando que o teor de SS pode variar entre frutos com mesmo índice de coloração da superfície. O menor acúmulo de açúcares solúveis em 2003 pode estar relacionado a temperaturas mais baixas durante o crescimento dos frutos (dados não apresentados), conforme sugerem Chujo (1982) e Sugiura et al. (1991). No Japão, a qualidade

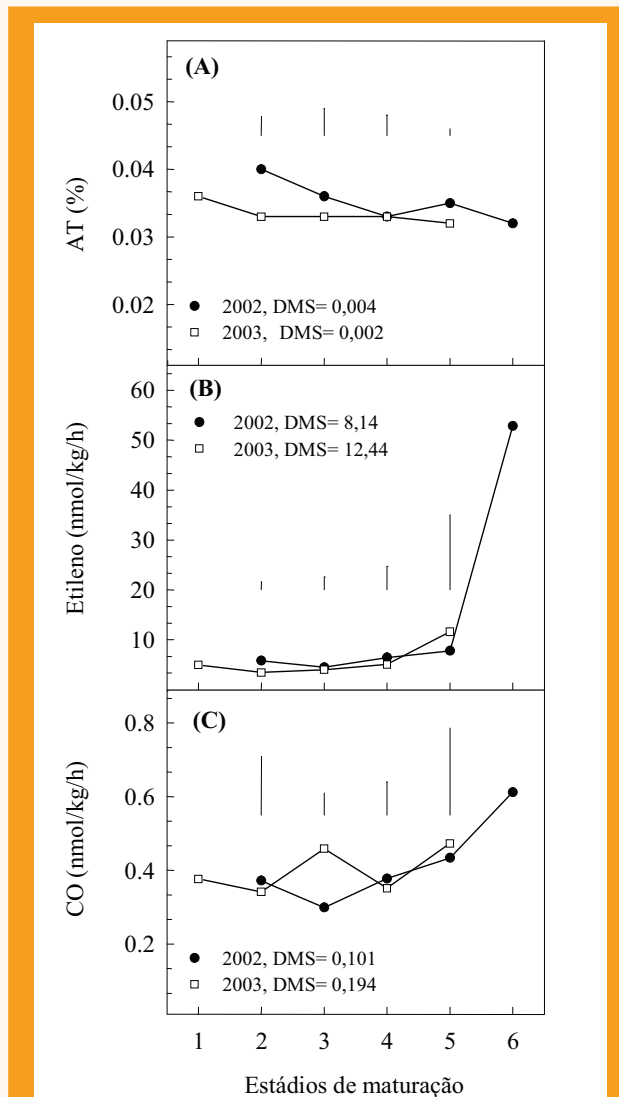
de caqui 'Fuyu' é considerada ótima quando o teor de SS for próximo a 18%, embora os frutos normalmente apresentem apenas 15,5% de SS na colheita (Kitagawa & Glucina, 1984).

Em 2003, houve redução da firmeza da polpa de 78,2N (17.6lb) em frutos imaturos (E1) para 61,7N (13.9lb) em frutos maduros (E5), enquanto em 2002 essa redução foi de 68,8N (15.5lb) em fruto maduro-incipiente (E2) para 27,1N (6.1lb) em frutos supermaduros (E6)

(Figura 2D). A firmeza da polpa dos frutos colhidos nos estádios 2 e 3 foi maior em 2003 do que em 2002 (Figura 2D), indicando variações entre frutos com mesmo índice de coloração da casca. Por outro lado, em 2002 houve variação dos índices de cor sem variação da firmeza da polpa entre os estádios 3 e 5. Assim, o ponto de colheita de frutos não deve ser estimado por apenas um índice de maturação.

Não houve variação expressiva da acidez titulável (AT) com o avanço da maturação (Figura 3A) indicado pelas alterações da cor, SS e firmeza de frutos colhidos em 2003 (Figura 2). Em 2002, a AT não diferiu significativamente entre frutos dos estádios E3, E4 e E5, embora esses frutos apresentassem menor AT que o fruto maduro-incipiente (E2). Em 2003, apenas o fruto imaturo (E1) apresentou maior acidez que os frutos dos demais estádios de desenvolvimento. Esses resultados indicam que a AT é um parâmetro menos aplicável para indicar o estágio de maturação e o ponto de colheita de caqui 'Fuyu' em relação a outros indicadores como cor e SS. Observou-se que a concentração de ácidos no suco de caqui foi de aproximadamente 0,035% (Figura 3A), sendo muito menor que a acidez determinada no suco de maçãs, que varia de 0,4% a 0,6% (Argenta, 1993), e frutos de caroço, com AT de 0,5% a 0,9% (Kader & Mitchel, 1989) no ponto ideal de colheita. Ao contrário, o teor de SS em caqui (Figura 2C) é maior que o determinado em outras espécies de frutos (Kader & Mitchel 1989; Argenta, 1993). Sem dúvida, a notável qualidade sensorial de caqui 'Fuyu' maduro se deve, em parte, à alta relação SS/acidez no suco do fruto.

A passagem do estágio de frutos imaturos (E1) e frutos maduro-incipientes a frutos maduros (E5) na



Nota: As barras verticais internas representam as diferenças mínimas significativas ($\alpha=0,05$) entre anos, para cada estágio de maturação. Valores de DMS ($\alpha=0,05$) nas legendas representam as diferenças mínimas significativas entre estágio de maturação para cada ano.

Figura 3. (A) Acidez titulável (AT), (B) taxas de produção de etileno e (C) respiratória em frutos de caqui 'Fuyu' colhidos em diferentes estádios de maturação em 2002 e 2003

planta (Figuras 1 e 2) não foi associada à variação significativa das taxas de produção de etileno (Figura 3B) e respiratória (Figura 3C). Apenas o fruto supermaduro (E6) apresentou taxas respiratória e de produção de etileno significativamente superiores às dos frutos maduro, meio maduro ou maduro-incipiente. Assim, medidas de taxa respiratória e de produção de etileno logo após a colheita parecem não ser adequadas para estimar o início da maturação comercial e o ponto de colheita de caquis 'Fuyu' destinados ao armazenamento ou ao mercado.

A taxa de produção de etileno não é o único fator determinante do início da maturação dos frutos, embora o etileno seja o fitormônio que regula a maturação de frutos climatéricos (Reid et al., 1973). O início da maturação pode estar mais associado ao aumento da sensibilidade dos frutos ao etileno endógeno do que ao aumento acentuado de sua produção (MacGlasson, 1985).

A alta qualidade de caqui 'Fuyu' está associada ao alto teor de SS, coloração laranja-vermelha e firmeza e crocância moderada (Sargent et al., 1993; Crisosto et al., 1999). Nesse sentido, o ponto de consumo corresponde a frutos supermaduros (E6) (Figura 2). Entretanto, caqui 'Fuyu' colhido em estágio de maturação avançada (E5 e E6) tem menor vida pós-colheita que frutos colhidos precocemente, nos estádios E3 e E4 (Krammes et al., 2005). Além disso, frutos colhidos com firmeza da polpa muito baixa são mais vulneráveis a danos mecânicos durante a colheita, classificação, empacotamento e transporte. Danos mecânicos provocam expressivo aumento da produção de etileno, acelerando a maturação de frutos. A incidência de frutos com danos mecânicos e alta produção de etileno pode acelerar a maturação de toda a carga de frutos no ambiente de armazenamento. Por outro lado, caquis são mais suscetíveis ao dano por frio durante a armazenagem quando colhidos precocemente (MacRae, 1987; Krammes, 2004). Assim, os frutos de caqui 'Fuyu' produzidos na região de Fraiburgo e destinados a longos períodos pós-colheita

(armazenamento, transporte e distribuição a mercados distantes) devem ser colhidos no estágio E4 (Figura 1).

Conclusões

Os índices de maturação para o ponto ideal de colheita de caqui 'Fuyu' cultivado em Fraiburgo, SC, e destinado ao armazenamento e/ou transporte a longa distância são: teores de sólidos solúveis entre 14,6% e 15,3%, firmeza da polpa entre 63 e 66N (~14 e 15lb), índice hue entre 73 e 66 e índice visual de cor 4.

As taxas de produção de etileno e respiratória aumentam apenas em fruto supermaduro.

Literatura citada

1. ARGENTA, L.C. Concentração de etileno interno e maturação de maçãs cvs. Gala, Golden Delicious e Fuji. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.125-132, 1993.
2. CHUJO, T. Studies on the coloration in the fruits of Fuyu kaki. II. Effect of light intensity on the development of reddish color of the peel. *Technical Bulletin of Faculty of Agriculture*, Kagawa University, v.23, n.1, p.35-41, 1971.
3. CHUJO, T. Studies on the effects of temperature on the growth and quality of fruits of Fuyu kaki. *Memoirs of the Faculty of Agriculture*, Kagawa University, n.37, p.1-15, 1982.
4. CRISOSTO, C.H.; MITCHAM, E.J.; KADER, A.A. *Recommendations for maintaining postharvest quality of horticultural commodities*. Davis: University of California, 1999. n.p.
5. FORBUS Jr., W.R.; PAYNE, J.A.; SENTER, S.D. Evaluating the maturity of Japanese persimmons nondestructively by delayed light emission. *Journal of Food Science*, Chicago, v.56, n.4, p.985-988, 1991.
6. KADER, A.A.; MITCHELL, F.G. Maturity and quality, In: LARUE, J.H.; JOHNSON, R.S. (Eds.) *Peaches, Plums and Nectarines: Growing and Handling for Fresh Market*. Davis: University of California, 1989. p.191-196.
7. KITAGAWA, H.; GLUCINA, P.G. *Persimmon culture in New Zealand*. Wellington: SIPC – Science Information Publishing Center, 1984. 69p.
8. KRAMMES, J.G. *Aspectos fisiológicos da maturação e da qualidade de caqui*

'Fuyu' na planta e após a colheita. 2004. 163f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2004.

9. KRAMMES, J.G.; ARGENTA, L.C.; VIEIRA, M.J. Controle da maturação e conservação da qualidade pós-colheita de caqui Fuyu pelo manejo do etileno. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p. 360-365, 2005.
10. MacGLASSON, W.B. Ethylene and fruit ripening. *Hortscience*, Alexandria, v.20, n.1, p.51-53, 1985.
11. MacRAE, E.A. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*, Wellington, v. 15, p.333-344, 1987.
12. MOWAT, A.D.; GEORGE, A.P.; COLLINS, R.J. Macro-climatic effects on fruit development and maturity of non-astringent persimmon (*Diospyros kaki* L. cv. Fuyu). *Acta Horticulturae*, The Hague, n.436, p.195-202, 1997.
13. REID, M.S.; RHODES, M.J.C.; HULME, A.C. Changes in ethylene and CO₂ during ripening of apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v.24, n.8, p.971-979, 1973.
14. SARGENT, S.A.; CROCKER, T.E.; ZOELLNER, J. Storage characteristics 'Fuyu' persimmons. *Proceedings of the Florida State Society for Horticultural Science*, Tallahassee, v.106, p.131-134, 1993.
15. SUGIURA, A.; ZHENG, G.H.; YONEMORI, K. Growth and ripening of persimmon fruit at controlled temperatures during growth stage III. *HortScience*, Alexandria, v.26, n.5, p.574-576, 1991.
16. YAMADA, M. Persimmon. In: KONISHI, K.; IWAHORI, S.; KITAGAWA, H. et al. (Eds.). *Horticulture in Japan*, Tokyo, 1994. p.47-52.
17. YAMAZAKI, T.; SUZUKI, K. Colour charts: Useful guide to evaluate fruit maturity. 1. Colorimetric specifications of colours charts for Japanese pear, apple, peach, grape, persimmon and citrus fruit. *Bulletin of the Fruit Tree Research Station. Series A*, Hiratsuka, n.7, p.19-44, 1980.
18. WILLS, R.; McGLASSON, B.; GRAHAM, D. et al. *Postharvest: An Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables & Ornamentals*. Sidney: CAB International, 1998. 262p.