

## EFEITO DE TRATAMENTOS TÉRMICOS POR IMERSÃO NA QUALIDADE DE MAÇÃS CV. FUJI INOCULADAS COM *Botryosphaeria dothidea* E ARMAZENADAS EM ATMOSFERA CONTROLADA<sup>1</sup>

ROSÂNGELA LUNARDI<sup>2</sup>; EDUARDO SEIBERT<sup>3</sup>; ERNANI PEZZI<sup>4</sup>; MICHEL ELIAS CASALI<sup>5</sup>; RENAR JOÃO BENDER<sup>6</sup>

**RESUMO** - O trabalho teve por objetivo avaliar a ocorrência de perdas qualitativas em maçãs cultivar Fuji, previamente inoculadas com o agente causal da podridão-branca (*Botryosphaeria dothidea*), durante armazenagem em atmosfera controlada (AC) de 1,2-1,6 kPa de O<sub>2</sub> e 0,2-0,4 kPa de CO<sub>2</sub> à temperatura de 0-1°C. Os tratamentos foram combinações de 3 períodos (1; 2 ou 3 minutos) e 3 temperaturas da água de imersão (47; 49 ou 52°C). As maçãs foram avaliadas após 1; 3 ou 5 meses em AC e mais 7 dias em temperatura ambiente. Ao final de cada período de armazenagem, as maçãs foram avaliadas para as seguintes variáveis: firmeza de polpa, sólidos solúveis totais (SST), acidez titulável e perda de peso. O armazenamento em AC manteve as características de qualidade, mas não controlou o desenvolvimento de sintomas da podridão-branca. Os tratamentos de calor não retardaram as perdas da firmeza de polpa e pouco influenciaram os teores de SST. Os teores de acidez titulável diminuíram, e as porcentagens de perda de peso aumentaram com os tratamentos de calor por imersão em água quente.

**Termos para indexação:** Termoterapia, *Malus domestica* Borkh., podridão-branca.

### EFFECTS OF HEAT TREATMENTS ON FRUIT QUALITY OF 'FUJI' APPLES INNOCULATED WITH *Botryosphaeria dothidea* AND STORED IN CONTROLLED ATMOSPHERE

**ABSTRACT** - The objective of the present work was to evaluate the effects of heat treatments on the quality of apples cv. Fuji. The fruits were immersed for one, two or three minutes in water at 47, 49 or 52°C. Before the heat treatments, the apples were artificially inoculated with the fungus that causes white rot (*Botryosphaeria dothidea*). After the heat treatments, the apples were stored in controlled atmosphere (CA) of 1,2-1,6kPa O<sub>2</sub> and 0,2-0,4kPa CO<sub>2</sub> at 0-1°C for one, three or five months, and seven days at room temperature. At the end of each storage period the apples were evaluated for flesh firmness, total soluble solids (TSS), titratable acidity and weight loss. CA storage contributed to maintain fruit quality, but did not affect the development of *B. dothidea*. The heat treatments did not delay flesh firmness losses and had little influence on the TSS contents, however, there was a negative effect of the heat treatments on titratable acidity and weight loss of heat treated apples stored in CA.

**Index terms:** Thermotherapy, *Malus domestica* Borkh., white rot.

As perdas pós-colheita de origem patogênica são responsáveis por consideráveis preocupações durante o armazenamento de espécies frutíferas. Para o controle de doenças pré- e pós-colheita, costumeiramente são aplicados os agroquímicos. Porém, esse controle está tornando-se cada vez mais problemático e D'Hallewin et al. (1994) consideram que as restrições ao uso de defensivos levam a um aumento no interesse em métodos alternativos para controle de podridões pós-colheita.

O uso de métodos físicos, principalmente água quente, é um tratamento alternativo que tem sido testado há vários anos para controlar doenças fúngicas e infestações de insetos em algumas espécies de frutíferas (Couey, 1989). A exposição de maçãs cv. Golden Delicious após a colheita a 38°C, por quatro dias, reduziu a incidência de *Penicillium* spp. Este tratamento de calor também diminuiu a perda de firmeza de polpa após prolongado período de armazenagem (Sams et al., 1993). Coates et al. (1993) obtiveram resultados semelhantes aplicando um tratamento de 46,5°C por 10 minutos. Os autores observaram que houve uma redução da incidência de antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em mangas armazenadas a 13°C por 14 dias e depois amadurecidas a 22°C. Mesmo assim, autores como Conway et al. (1999), Klein et al. (1997) e Lurie et al. (1998) observaram que apenas a retenção da firmeza de polpa foi o efeito positivo mais evidente dos tratamentos de calor.

A efetiva ação fungicida e inseticida, a facilidade de aplicação e a ausência de resíduos químicos nos frutos (Couey, 1989) são vantagens consideráveis do uso de calor. No entanto, há efeitos negativos, como a probabilidade de ocorrência de escurecimentos da epiderme nos frutos (Schirra et al., 1997), além da falta de proteção residual para even-

tuais recontaminações por patógenos (Barkay-Golan & Phillips, 1991).

A cv. Fuji é a principal cultivar brasileira para armazenagem por longos períodos. Nos primeiros trabalhos nos quais se testaram métodos físicos para controle de podridões (Lunardi et al., 2002), as maçãs foram apenas armazenadas sob refrigeração. No presente trabalho, são avaliados os efeitos de tratamentos de imersão nas variáveis qualitativas de maçãs cv. Fuji quando armazenadas em atmosfera controlada (AC) por até 5 meses.

O experimento foi conduzido nos laboratórios do Departamento de Horticultura e Silvicultura da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e na Empresa Mercochem com sede e casa de embalamento no município de Caxias do Sul-RS. As maçãs da cv. Fuji utilizadas para o presente experimento foram colhidas no ponto de colheita comercial, peso médio em torno de 150 gramas, em pomares da empresa, no dia 19 de maio de 1999, e colocadas sob refrigeração em câmara frigorífica. No dia seguinte, foram selecionadas para ausência de defeitos e uniformidade de tamanho e transportadas para o laboratório de fisiologia pós-colheita da Faculdade de Agronomia. No momento da instalação do experimento (20 de maio de 1999), logo que os frutos chegaram a Porto Alegre, uma amostra foi analisada para variáveis de maturação: firmeza de polpa de 71,4N; sólidos solúveis totais (SST) de 13,0°Brix, e acidez titulável de 1,44Cmol.L<sup>-1</sup>.

No laboratório, o restante das maçãs foi inoculado com o fungo *Botryosphaeria dothidea* (Moug.:Fr.) Ces. & De Not) cultivado em meio BDA (batata, dextrose, ágar e 100µg.mL<sup>-1</sup> de estreptomicina) em placas de Petri. A inoculação foi feita aplicando placas de cerca de 4mm diâmetro, retiradas das culturas do fungo sobre lesões de aproximadamente 2mm de diâmetro e 1mm de profundidade. Para proteger a parte

<sup>1</sup> (Trabalho 095/2002). Recebido: 25/06/2002. Aceito para publicação: 18/07/2003.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., doutoranda em Agronomia, Universidade Federal de Pelotas (UFPel). lunardi@ufpel.tche.br

<sup>3</sup> Eng. Agr., M.Sc., doutorando em Fitotecnia, PPGFitotecnia, Agronomia/UFRGS. eduseibert@ig.com.br

<sup>4</sup> Eng. Agr., laboratorista, Departamento de Horticultura e Silvicultura, Agronomia/UFRGS. stern@cpovo.net

<sup>5</sup> Eng. Agr., mestrando do PPGFitotecnia, Agronomia/UFRGS. casali@ufrgs.br

<sup>6</sup> Eng. Agr., PhD., Prof. do Departamento de Horticultura e Silvicultura, Agronomia/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 7712, 91501-970, Porto Alegre, RS. E-mail: rjbe@vortex.ufrgs.br. Autor para correspondência.

inoculada, usou-se um filme de polietileno de 2cm de largura ao redor do fruto. Após a inoculação, as maçãs permaneceram dentro de sacos plásticos, conforme recomendações de Dhingra & Sinclair (1995), durante um período de 40 horas, a 28°C, em uma estufa incubadora, com o objetivo de garantir a colonização dos tecidos. Após esse período, removeu-se o filme plástico, e os frutos foram submetidos aos tratamentos de imersão.

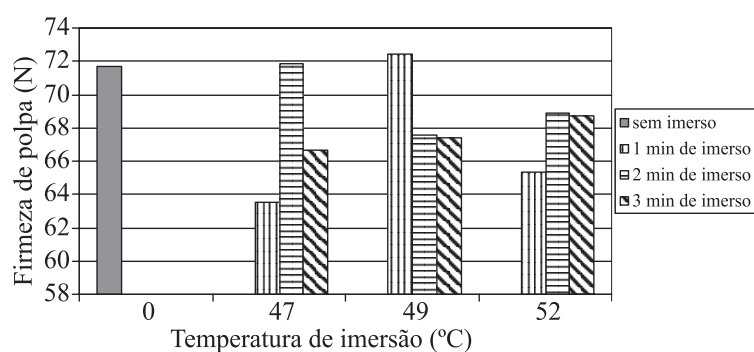
As maçãs foram imersas em água quente por 1; 2 ou 3 minutos, em combinação com três temperaturas: 47; 49 ou 52°C. O tratamento-testemunha não recebeu tratamento algum.

Após a aplicação dos tratamentos, as maçãs foram deixadas para escorrer em bandejas plásticas e depois colocadas dentro de redes com capacidade de 2 kg de frutos, as quais foram acondicionadas em caixas plásticas de 20 kg de capacidade e transportadas para armazenamento em AC de 1,2-1,6kPa de O<sub>2</sub> e 0,2-0,4kPa de CO<sub>2</sub> e temperatura de 0-1°C, na unidade frigorífica da Empresa Mercochem, de Caxias do Sul.

Os frutos foram avaliados após um mês, três meses e cinco meses de armazenamento em AC e mais sete dias de exposição à temperatura ambiente (20°C, 20°C e 23°C, respectivamente), simulando o período de comercialização. As amostras foram analisadas para firmeza de polpa (N), determinada através do uso de penetrômetro manual, com ponteira de 11mm de diâmetro, em dois lados opostos da região equatorial do fruto; SST (°Brix), determinados por refratômetro de bancada; acidez titulável (Cmol.L<sup>-1</sup>), determinada utilizando-se de 10mL de suco diluídos em 90mL de água destilada que foram titulados com uma solução de NaOH 0,1N até pH 8,1; e perda de peso (%). As maçãs também foram avaliadas visualmente para ocorrência de distúrbios fisiológicos.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições por tratamento, em esquema fatorial. A unidade experimental estava composta por quatro frutos. Os dados foram submetidos à análise de variância, através do programa estatístico Sanest, e as médias comparadas estatisticamente por regressão polinomial ( $p < .05$ ).

Os tratamentos de imersão em água quente pouco influenciaram as variáveis de qualidade de maçãs cv. Fuji inoculadas artificialmente com o fungo *B. dothidea*. No entanto, a firmeza de polpa foi o parâmetro qualitativo que mais sofreu alterações. Na primeira avaliação, após um mês em AC, houve diferença significativa entre o tratamento-testemunha e os frutos tratados com água quente, os quais se apresentavam menos firmes. Entre os frutos tratados, houve interação entre período e temperatura de imersão, indicando que as maçãs do tratamento com 1 minuto de imersão a 49°C permaneceram mais firmes que as maçãs dos demais tratamentos (Figura 1). Esta diferença determinada na saída da armazenagem não se manteve após sete dias em temperatura ambiente.



**FIGURA 1** - Firmeza da polpa de maçãs cv. Fuji, inoculadas com *Botryosphaeria dothidea*, submetidas ao tratamento térmico por imersão em água quente em três temperaturas e três tempos de duração e avaliadas após um mês de armazenamento em atmosfera controlada de 1,2-1,6kPa de O<sub>2</sub> e 0,2-0,4kPa de CO<sub>2</sub> à temperatura de 0-1°C. Porto Alegre, 1999.

Estes resultados contrapõem-se àqueles observados por Lurie et al. (1998), os quais determinaram que, após um mês de armazenamento a 0°C e após sete dias em temperatura ambiente, maçãs da cv. Anna, submetidas ao tratamento térmico, estavam mais firmes que maçãs do tratamento-testemunha. Conway et al. (1994) também observaram que as maçãs 'Golden Delicious', submetidas ao tratamento térmico, estavam mais firmes que a testemunha após seis meses de armazenamento a 0°C.

No presente experimento, a maior firmeza determinada nas maçãs do tratamento-testemunha em comparação com as maçãs que receberam tratamentos de calor, não está relacionada a uma possível desidratação do tecido, que causa maior resistência à penetração do êmbolo do penetrômetro no tecido. Muito provavelmente, a maior queda de firmeza de maçãs que receberam tratamento térmico, é resultado de uma aceleração maior no amadurecimento destas maçãs por razão de maior síntese de etileno. Ketsa et al. (1999) observaram efeito semelhante em mangas e concluíram que a maior síntese de etileno poderia ser a causa da maior diminuição de firmeza de polpa em mangas que foram imersas em água quente.

A resposta ao tratamento com padrão de ajuste quadrático dos pontos observados quando as maçãs cv. Fuji foram submetidas a 1 minuto de imersão ( $y = -1,36x^2 + 134,99x - 3276,88$ ), expressa, em um primeiro momento, aumento da firmeza devido, possivelmente, à inativação de enzimas que participam da degradação das pectinas da parede celular (Klein & Lurie, 1990; Lurie & Klein, 1992). Já num segundo momento, quando se elevou a temperatura de imersão (de 49°C para 52°C), ocorreu o decréscimo da firmeza. Temperaturas de imersão mais elevadas causam maior estresse, o que resulta em maior atividade respiratória (Mitcham & McDonald, 1993), que pode ter contribuído para maior despolimerização de pectinas (Bartley & Knee, 1982).

Não foram determinadas diferenças estatísticas entre a firmeza de frutos tratados após um período em temperatura ambiente, ou seja, a firmeza da polpa não se alterou significativamente após um período de vida de prateleira. Klein et al. (1990) afirmam que o maior benefício do tratamento térmico é a retenção da firmeza da polpa durante o período de armazenagem.

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) determinados logo após as retiradas das maçãs das unidades de armazenagem em AC não apresentam diferenças entre os frutos que receberam os tratamentos térmicos e o tratamento testemunha. Esta observação está de acordo com as conclusões de Lurie et al. (1998). Autores como Klein & Lurie (1990) também constataram que tratamentos de calor não alteram os teores de SST após 6 meses de armazenagem a 0°C.

Após sete dias de exposição em temperatura ambiente, foram encontradas diferenças nos teores de SST. Estas diferenças, no entanto, não apresentam uma tendência clara e constante. Um dos motivos pode ser relativo ao próprio método refratométrico, que não tem sensibilidade para detectar diferenças pequenas de teores de sólidos solúveis. Outra possibilidade a considerar é o comportamento desta variável em pós-colheita. Há uma variação considerável ao longo de períodos de amostragem que não permite conclusões sobre efeitos no metabolismo baseado nas variações de SST, conforme já foi observado por Bender & Lunardi (2001) com maçãs da cv. Gala.

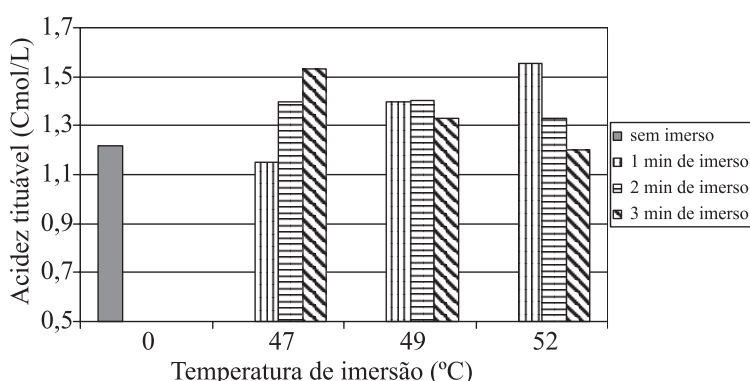
Os tratamentos térmicos têm o efeito de contribuírem para a redução dos teores de acidez titulável (Klein et al., 1990; Lurie et al., 1998), o que não é necessariamente um benefício para cultivares menos ácidas. Para a cv. Fuji, a manutenção de alta acidez é muito importante, uma vez que propicia melhor sabor em função do equilíbrio SST/acidez (Brackmann et al., 1998).

No presente experimento, foram determinadas reduções na acidez titulável por consequência dos tratamentos de imersão em água quente. Após um mês em AC, a acidez titulável decresceu com a temperatura, independentemente do período de imersão. Aos três meses, porém, não houve diferença estatística entre os tratamentos. Já aos cinco meses, houve interação entre período e temperatura de imersão, indicando que, a 1 minuto a 47°C e a 3 minutos a 52°C, se observaram os menores teores de

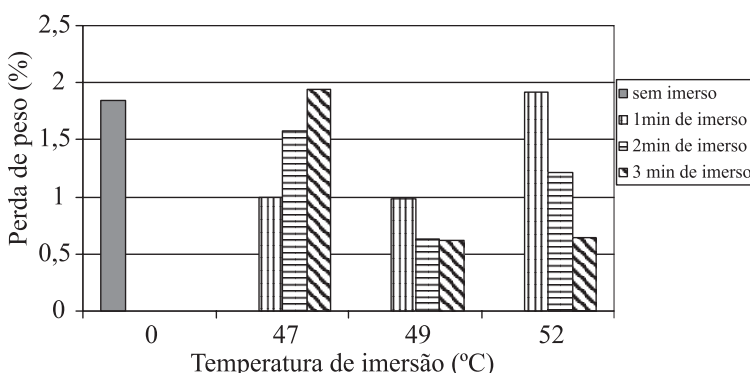
acidez titulável (Figura 2). Após sete dias de vida de prateleira, a acidez diminuiu linearmente com o aumento da temperatura da água, independentemente do período de imersão ( $y = -0,047x + 3,55$ ).

Os menores teores de acidez titulável devem ser atribuídos a incrementos na atividade metabólica em decorrência dos tratamentos. Vários autores, entre os quais Hardenburg et al. (1986), fazem referência ao maior consumo de substrato da respiração, ácidos e hexoses, em tecidos submetidos a condições de estresse.

Com relação à perda de peso, após um mês em AC, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Aos três meses, porém, as perdas de peso dos tratamentos permitiram um ajuste quadrático para os níveis de temperatura, independentemente do período de imersão, indicando que, a 49°C, a perda de peso foi menor que a 47°C e 52°C. Já aos cinco meses em AC, a testemunha teve maior perda de peso que os frutos tratados, e, entre esses, observou-se interação significativa entre tempo de tratamento e temperatura, indicando que as maiores perdas de peso ocorreram nos tratamentos de 3 minutos a 47°C e 1 minuto a 52°C (Figura 3). Não foi detectada a ocorrência de distúrbios fisiológicos em nenhum dos tratamentos ao longo do período de AC e de exposição à temperatura ambiente.



**FIGURA 2** - Acidez titulável de maçãs cv. Fuji, inoculadas com *Botryosphaeria dothidea*, submetidas ao tratamento térmico com imersão em água quente em três temperaturas e três tempos de duração e avaliadas após cinco meses de armazenamento em atmosfera controlada de 1,2-1,6kPa de O<sub>2</sub> e 0,2-0,4kPa de CO<sub>2</sub> à temperatura de 0-1°C. Porto Alegre, 1999.



**FIGURA 3** - Perda de peso de maçãs cv. Fuji, inoculadas com *Botryosphaeria dothidea*, submetidas ao tratamento térmico com imersão em água quente em três temperaturas e três tempos de duração e avaliadas após cinco meses de armazenamento em atmosfera controlada de 1,2-1,6kPa de O<sub>2</sub> e 0,2-0,4kPa de CO<sub>2</sub> à temperatura de 0-1°C. Porto Alegre, 1999.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARKAI-GOLAN, R.; PHILLIPS, D.J. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. **Plant Disease**, St. Paul, v.75, n.11, p.1085-1089, 1991.

BARTLEY, I.M.; KNEE, M. The chemistry of textural changes in fruit during storage. **Food Chemistry**, Oxford, v.9, p.47-58, 1982.

BENDER, R. J.; LUNARDI, R. Perdas qualitativas de maçãs cv. Gala em

armazenamento refrigerado. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.563-567, 2001.

BRACKMANN, A.; BORTOLUZ, L.; BORTOLUZZI, G. Frigoconservação de maçã 'Fuji' em duas temperaturas e em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.4, n.1, p.26-30, 1998.

COATES, L.M.; IRWIN, J.A.G.; MUIRHEAD, I.F. The use of a benomyl-resistant mutant to demonstrate latency of *Colletotrichum gloeosporioides* in avocado fruit. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.44, n.4, p.763-772, 1993.

CONWAY, W.S.; SAMS, C.E.; WANG, C.Y. et al. Additive effects of postharvest on reducing decay and maintaining quality in apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.1, p.49-53, 1994.

CONWAY, W.S.; JANISIEWICZ, W.J.; KLEIN, J.D. et al. Strategy for combining heat treatment, calcium infiltration, and biological control to reduce postharvest decay of 'Gala' apples. **HortScience**, Alexandria, v.34, n.4, p.700-704, 1999.

COUEY, H.M. Heat treatment for control of postharvest diseases and insect pests of fruits. **HortScience**, Alexandria, v.24, n.2, p.198-202, 1989.

D'HALLEWIN, G.; ARRAS, G.; CASTIA, T. et al. Reducing decay of Avana mandarin fruit by use of UV, heat and thiabendazole treatments. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v.368, p.387-394, 1994.

DHINGRA, O.D.; SINCLAIR, J.B. Establishment of Disease and Testing for Resistance In: **Basic Plant Pathology Methods**. 2. ed. Boca Raton: Lewis Publishers, 1995. Cap. 5.

HARDENBURG, R.E.; WATADA, A.E.; WANG, C.Y. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks**. Washington: USDA, 1986. 136p. (Agriculture Handbook, 66).

KETSA, S.; CHIDTRAGOOL, S.; KLEIN, J. D. et al. Ethylene synthesis in mango fruit following heat treatment. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.15, p.65-72, 1999.

KLEIN, J.D.; LURIE, S. Prestorage heat treatment as a means of improving poststorage quality of apples. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.2, p.265-269, 1990.

KLEIN, J.D.; CONWAY, W.S.; WHITAKER, B.D. et al. *Botrytis cinerea* decay in apples is inhibited by postharvest heat and calcium treatments. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.122, n.1, p.91-94, 1997.

KLEIN, J.D.; LURIE, S.; BEN-ARIE, R. Quality and cell wall components of 'Anna' and 'Granny Smith' apples treated with heat, calcium, and ethylene. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.115, n.6, p.954-958, 1990.

LUNARDI, R.; SEIBERT, E.; PEZZI, E. et al. Tratamento por água quente na qualidade de maçãs cv. Fuji inoculadas artificialmente com *Botryosphaeria dothidea* em armazenamento refrigerado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.4, p.565-570, 2002.

LURIE, S.; KLEIN, J.D. Calcium and heat treatments to improve storability of 'Anna' apples. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.1, p.36-39, 1992.

LURIE, S.; FALLIK, E.; KLEIN, J.D. et al. Postharvest heat treatment of apples to control San Jose Scale (*Quadraspidiotus perniciosus* Comstock) and blue mold (*Penicillium expansum* Link) and maintain fruit firmness. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.123, n.1, p.110-114, 1998.

MITCHAM, E. J.; McDONALD, R. E. Respiration rate, internal atmosphere, and ethanol and acetaldehyde accumulation in heat-treated mango fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.3, p.77-86, 1993.

SAMS, C.E.; CONWAY, W.S.; ABBOTT, J.A. et al. Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, n.5, p.623-627, 1993.

SCHIRRA, M.; AGABBIO, M.; D'AQUINO, S. et al. Postharvest heat conditioning effects on early ripening 'Gialla' cactus pear fruit. **HortScience**, Alexandria, v.32, n.4, p.702-704, 1997.