

REDUÇÃO DA ANTRACNOSE E DA PODRIDÃO SECA PÓS-COLHEITA EM MAMÃO POR HIDROTERMIA¹

DENIZE MARIA SILVA MARTINS²; LUIZ EDUARDO BASSAY BLUM^{3*}

RESUMO - A antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) e a podridão seca (*Phoma caricae-papayae*) pós-colheita reduzem o armazenamento do mamão (*Carica papaya*). Estudou-se em laboratório o efeito da imersão de frutos em água quente para o controle das doenças. Dois grupos de ensaios foram efetuados: (1) frutos imersos em água a 48 °C / 10, 15, 20, 25 e 30 min; e, (2) frutos imersos em água a 44, 46, 48 e 50 °C / 20 min. Os experimentos foram delineados em blocos ao acaso com cinco repetições. Foram testados dois isolados de *C. gloeosporioides* e um de *P. caricae-papayae* em mamões cv. 'Sunrise Solo' e híbrido 'Tainung 1'. Os frutos foram lavados, feridos, inoculados (50 µL; 10⁶ conídios mL⁻¹), colocados em câmara úmida (24 h) e tratados. Após, os frutos foram resfriados em água (13 °C / 20 min) e armazenados (14 dias) em câmara fria (13 °C; 85-100% UR). Avaliou-se o diâmetro das lesões diariamente por duas semanas. Variações de tempo e temperatura da água não alteraram significativamente as propriedades físico-químicas [firmeza (kg cm⁻²), pH, sólidos solúveis totais (° Brix) e acidez titulável (% de ácido cítrico)] quando comparadas à testemunha, excetuando em 'Tainung 1' onde a acidez titulável foi maior a 48 °C / 20 min. Os tratamentos hidrotérmicos a 48 °C / 20-30 min e tratamentos a 48-50 °C / 20 min reduziram as podridões pós-colheita.

Palavras-chave: *Carica papaya*. *Colletotrichum gloeosporioides*. *Phoma caricae-papayae*. Podridão pós-colheita.

REDUCTION OF POST-HARVEST ANTHRACNOSE AND DRY ROT OF PAPAYA BY HYDROTHERMAL TREATMENT

ABSTRACT - Anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) and dry rot (*Phoma caricae-papayae*) of papaya (*Carica papaya*) reduce fruit post-harvest storage life. Therefore, this study evaluated under laboratory conditions the effect of the hydrothermal treatment of fruits on these diseases. Two types of tests were conducted: (1) fruit immersion in hot water (48 °C) for 10, 15, 20, 25 and 30 min; and, (2) fruit immersion in hot water at 44, 46, 48 and 50 °C / 20 min. The experiments were conducted in a randomized complete block design with five replications. Two isolates of *C. gloeosporioides* and one of *P. caricae-papayae* were tested in papaya fruits of cv. 'Sunrise Solo' and hybrid 'Tainung 1'. Fruits were washed, wounded (3mm), inoculated (50µL, 10⁶ conidia mL⁻¹), placed in humid chamber (24 h), and then treated. After treatment, fruits were water cooled (13°C/20 min) and stored (14 days) in cold chamber (13 °C; 85-100% R.H.). Daily the diameter of lesions was evaluated for two weeks. Variations on time and temperature did not alter fruit firmness (kg cm⁻²), pH, total soluble solids (° Brix) e tritable acidity (% of citric acid) in comparison to non-treated fruits. However, in one case on 'Tainung 1' fruits, tritable acidity was higher at 48 °C / 20 min. Fruits treated with hot water at 48 °C / 20-30 min or 48-50 °C / 20 min presented less fruit rots.

Keywords: *Carica papaya*. *Colletotrichum gloeosporioides*. *Phoma caricae-papayae*. Post-harvest rot.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 22/06/2012; aceito em 05/06/2014.

Parte da dissertação de mestrado junto ao Programa de Pós-graduação em Fitopatologia da UnB.

²Bolsista DTI/CNPq – PROBIO/MMA – Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia.

³Departamento de Fitopatologia, UnB, Campus Darcy Ribeiro, Asa Norte, Brasília, DF; luizblum@unb.br.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de mamão (*Carica papaya* L.), sendo responsável por aproximadamente 25% do total produzido. Os estados do Espírito Santo e Bahia são os principais produtores, responsáveis por 28% a 58% da produção (AGRIANUAL, 2011). Entre os fatores limitantes à exportação de mamão estão as doenças pós-colheita como a antracnose [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz & Sacc.] e a podridão seca [*Phoma caricae-papayae* (Tarr.) Punith] (NERY-SILVA et al., 2007). O controle dessas doenças pode ser efetuado por vários métodos, como o químico, abrangendo os fungicidas, bactericidas, inibidores de senescência e inibidores de etileno. O controle físico pode ser aplicado pela refrigeração, vapor, ar aquecido ou hidrotermia (água quente); atmosfera modificada ou controlada; armazenamento a vácuo; controle da umidade do armazenamento, e; irradiação. Outro tipo é o biológico, baseado na utilização de antagonistas (BENATO et al., 2001a; NERY-SILVA et al., 2007).

A hidrotermia associada ou não a fungicidas é um método de controle de doenças pós-colheita e de insetos usado em frutas [manga (*Mangifera indica*); maçã (*Malus domestica*); banana (*Musa paradisiaca*); pêssego (*Prunus persica* var. *persica*); nectarina (*Prunus persica* var. *nucipersica*); maracujá amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*)] (BENATO et al., 2001a e 2001b). Em mamão, a imersão em água quente (49 °C / 20') foi sugerida por Akamine e Arisumi (1953) e é usada como tratamento pós-colheita desde 1964 (CHÁVEZ-SÁNCHEZ et al., 2013; COUEY; ALVAREZ, 1984; KECHINSKI et al., 2012; LI et al., 2013; NERY-SILVA et al., 2007), porém, há variações, Nishijima (1995) sugere 49 °C / 15', Allong et al. (2001) sugerem 48-50°C / 20' e Eckert e Ogawa (1985) 48°C / 20'. Para a antracnose alguns estudos demonstram que esse tratamento com água quente não é totalmente eficiente quando unicamente aplicado (KECHINSKI et al., 2012; NISHIJIMA et al., 1992). Além disso, não existe cultivar comercial resistente à doença, o que dificulta a eficiência do processo. Os fungicidas registrados no país para uso em mamoeiro, não controlam satisfatoriamente a antracnose (TATAGIBA et al., 2002). Alguns tipos de tratamento térmico de frutos, como o de ar quente úmido ou seco podem reduzir a ocorrência da antracnose, mas, também podem causar injúrias nos frutos (PEREZ-CARRILLO; YAHIA, 2004).

Portanto, para a realização deste estudo foram realizadas uma sequência de experimentos com o objetivo de avaliar o efeito da hidrotermia, através de variações do padrão [48°C / 20' (ECKERT; OGAWA, 1985)], no controle de podridões pós-colheita (*C. gloeosporioides* e *P. caricae-papayae*) e nas propriedades físico-químicas [firmeza (kg cm⁻²), pH, sólidos solúveis totais (° Brix) e acidez titulável (%

de ácido cítrico)] do mamão.

MATERIAL E MÉTODOS

Cultivo e preparo do inóculo dos patógenos - Foram testados dois isolados de *C. gloeosporioides* (Cg 32; Cg 78) e um de *P. caricae-papayae* (P 725) (Coleção de Fungos Fitopatogênicos do Departamento de Fitopatologia, UnB, Brasília, DF). Os isolados de *C. gloeosporioides* foram cultivados em PGA (2,8g glucose; 1,2g MgSO₄*7H₂O; 2,7g KH₂PO₄; 2g peptona; 20g ágar; 250 ppm cloranfenicol; 1L água destilada) e incubados por 10-14 dias (24 °C, Luz 12 h). O isolado de *P. caricae-papayae* foi cultivado em AAS (20g aveia; 20g ágar; 2g sacarose; 250 ppm cloranfenicol; 1L água destilada) e incubado no escuro por 13-17 dias (25 °C).

No preparo do inóculo dos patógenos, 10 mL de água destilada esterilizada foram vertidos sobre as colônias e com uma alça de metal esterilizada, as estruturas conidiogênicas foram raspadas para a extração dos conídios. A suspensão obtida foi filtrada em dupla camada de gaze, a concentração de conídios estimada em câmara de 'Neubauer' e ajustada para 1x10⁶ conídios mL⁻¹.

Obtenção e preparo dos frutos - Foram utilizados lotes de frutos da cv. 'Sunrise Solo' e do híbrido 'Tainung 1' procedentes da Fazenda Agronol (Luis Eduardo Magalhães, BA). Os frutos com estágio de maturação entre 0 e 2 (Verde a ¼ maduro) foram limpos com toalha esterilizada de papel embebida em álcool 54 °GL, marcados em cinco pontos ao longo do fruto e feridos (3mm de diâmetro e profundidade) com chave 'Phillips' flambada a cada uso. Nos ferimentos foram inoculados 50µL de suspensão de conídio. Posteriormente os mamões foram colocados em câmara úmida por 24 h.

Tratamento dos frutos em água quente - Após a câmara úmida o tratamento hidrotérmico foi realizado em um tanque de aço inoxidável (1000 L - 1m x 1m). Em seu interior foi instalado um agitador (Motor Weg® de 1/2 HP) para movimentar a água e homogeneizar a temperatura. O aquecimento da água ocorreu através de três resistências (4000 W), dispostas próximas à base do tanque e equidistantes entre si. Acima do agitador e das resistências, foi colocado um disco de tela metálica removível para servir de suporte para as caixas com frutos.

Os frutos foram colocados no tanque em caixas plásticas vazadas (55x36x31cm). O isolamento térmico do tanque ocorreu por meio de um revestimento de espuma plástica (poliuretano) colocada entre as duas camadas de aço inoxidável, que formavam a parede e a tampa do tanque. Equipamento e sensores de temperatura (Termistor® IP67, Japan) foram instalados e permitiram registrar variações de até 0,1°C na temperatura da água. Três sensores de temperatura equidistantes entre si foram fixados a 67cm da base, próximos à parede do tanque para

monitorar a temperatura. Todos os sensores foram ligados eletricamente a um transformador acoplado à interface do computador.

Experimentos - Foram realizados dois tipos de experimentos com cada grupo de mamão e com cada isolado de patógeno: (1) frutos submetidos a 10, 15, 20 [padrão 48 °C/20' sugerido por Eckert e Ogawa (1985)], 25 e 30 min a 48 °C de tratamento; (2) frutos submetidos a 44, 46, 48 e 50°C/20' de tratamento hidrotérmico. Após os tratamentos os frutos foram resfriados em água (13 °C / 20') em recipiente de 500 L. Após resfriados os frutos foram secos ao ar livre e armazenados por 14 dias em câmara fria (13 °C e 85-100% de URA). As testemunhas não tratadas também foram submetidas ao resfriamento e armazenamento em câmara fria.

Avaliações - Foram feitas avaliações diárias do diâmetro das lesões dos frutos até os 14 dias após o tratamento. Após 14 dias, também foram avaliadas características físico-químicas dos frutos. Os métodos usados para obtenção dos valores de firmeza (kg cm²), pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez titulável (% de ácido cítrico) em frutos estão descritos em Martins (2004).

Análise estatística - Os ensaios realizados foram delineados em blocos ao acaso com cinco re-

petições. Os dados de diâmetro das lesões foram submetidos a análise de variância com (Figuras 1 e 2) ou sem (Tabelas 1 e 2) repetição de medidas e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($P \leq 5\%$). Os dados das variáveis físico-químicas também foram submetidos a análise de variância e a análise de correlação linear de Pearson ($P \leq 5\%$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento hidrotérmico é um método de controle utilizado em frutas e hortaliças visando o controle de doenças e também de ovos da mosca das frutas (*Ceratitis captata* Wied. e *Anastrepha fraterculus* Wied.) em mamão (AKAMINE; ARISUMI, 1953; KECHINSKI et al., 2012; LI et al., 2013). O presente estudo mostrou que os tratamentos entre 20 e 30 min (48 °C) (Figura 1) e os tratamentos entre 48 e 50 °C (20') (Figura 2) reduziram significativamente as podridões nos frutos (Tabela 1). Esses resultados assemelham-se aos reportados por Couey et al. (1984), onde mamões submetidos à hidrotermia (48 °C / 20'), houve uma redução na percentagem de podridões.

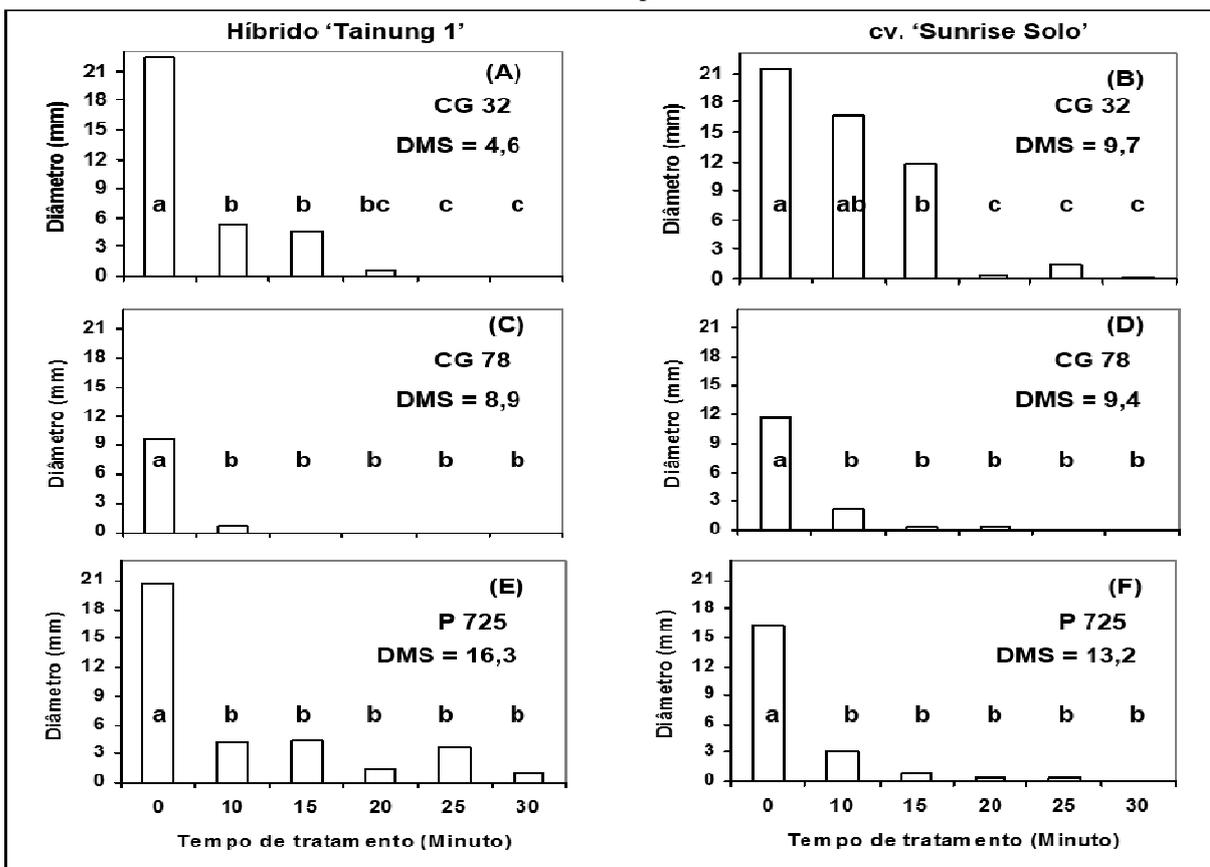


Figura 1. Efeito do tempo de hidrotermia a 48 °C, no diâmetro (mm) da lesão em mamão (Grupo Formosa – ‘híbrido Tainung 1’ e Grupo Solo – cv. ‘Sunrise Solo’) causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (CG 32 e CG 78) e *Phoma caricae-papayae* (P 725). (A e B) CG 32; (C e D) CG 78; (E e F) P 725. (A, C e E) Mamão ‘híbrido Tainung 1’; (B, D e F) Mamão cv. ‘Sunrise Solo’. Barras de valores com letras iguais não diferiram significativamente (Tukey, $P \leq 5\%$). DMS = diferença mínima significativa. Os valores são relativos às médias de 12 avaliações entre o 2º. e 14º dia após o tratamento dos frutos. O valor zero (0) corresponde à testemunha-controle sem tratamento.

Os princípios de controle da terapia e erradicação, provavelmente estão envolvidos neste tipo de tratamento. No princípio da terapia os frutos já infectados, teriam a colonização do fruto interrompida pelo tratamento com água quente, e, no princípio da erradicação haveria uma desativação dos propágulos dos patógenos antes da infecção. Nishijima et al. (1992) relataram que o controle de podridões pós-colheita em mamão por tratamento hidrotérmico (48 °C e 49 °C / 20 min.), não diferiu de outros tratamen-

tos pós-colheita pelo calor, como a pulverização com água quente e ar quente forçado. O tratamento por imersão em água pode ser eficiente no controle de patógenos pós-colheita, como os fungos (BAUTISTA-BAÑOS et al., 2013; KECHINSKI et al., 2012; LI et al., 2013). Os esporos e hifas se localizam nas primeiras camadas da casca do fruto e a temperatura na superfície do fruto quando submetido ao tratamento térmico, pode matar o fungo (CHÁVEZ-SÁNCHEZ et al., 2013).

Tabela 1. Efeito do tempo e da temperatura da água sobre o diâmetro (mm) final da podridão em mamão (Grupo Formosa – ‘híbrido Tainung 1’ e Grupo Solo – cv. ‘Sunrise Solo’) infectado com *Colletotrichum gloeosporioides* (CG 32 e CG 78) ou *Phoma caricae-papayae* (P 725), aos 15 dias após a inoculação e 14 dias após o tratamento dos frutos.

Tratamento	‘Tainung 1’			‘Sunrise Solo’		
	CG 32*	CG 78**	P 725***	CG 32	CG 78	P 725
Efeito do tempo (minuto) / diâmetro (mm)						
0’ a 48°C	31,8 a****	21,9 a	34,9 a	31,1 a	23,1 a	32,4 a
10’ a 48°C	14,0 b	4,2 b	16,9 b	29,9 a	12,3 b	13,1 b
15’ a 48°C	13,9 b	0,5 c	12,9 bc	25,8 a	3,0 c	4,4 c
20’ a 48°C	3,1 c	0,0 c	6,8 c	2,4 bc	2,2 c	1,8 c
25’ a 48°C	0,0 c	0,0 c	12,1 bc	6,0 b	0,0 c	1,9 c
30’ a 48°C	0,0 c	0,0 c	4,7 c	0,7 c	0,0 c	0,0 c
DMS (Tukey, 5%)	10,8****	3,7	10,2	5,3	9,3	8,7
Efeito da temperatura / diâmetro (mm)						
25°C (Ambiente)	32,0 a	29,9 a	33,5 a	30,0 a	25,7 a	32,4 a
44°C / 20’	28,9 a	21,1 b	28,8 a	27,2 a	22,5 b	25,9 b
46°C / 20’	24,3 b	9,2 c	26,5 a	15,5 b	19,5 c	14,8 c
48°C / 20’	3,8 c	2,1 d	4,2 b	0,9 c	7,2 d	0,0 d
50°C / 20’	1,8 c	1,5 d	6,9 b	0,0 c	0,0 e	0,0 d
DMS (Tukey, 5%)	7,8****	7,1	19,5	11,6	3,0	6,5

* *Colletotrichum gloeosporioides* isolado CG 32; ** *Colletotrichum gloeosporioides* isolado CG 78; *** *Phoma caricae-papayae* isolado P 725; ****Valores com letras iguais, na mesma coluna e mesmo tipo de experimento, não diferiram significativamente (Tukey, $P \leq 5\%$).

Em relação ao tempo de hidrotermia (Figura 1; Tabela 1), em frutos (Tainung 1) tratados e inoculados com *C. gloeosporioides* (‘Cg 32’) entre 20 e 30 min. houve redução da doença (Figura 1A). Em frutos com *C. gloeosporioides* (‘Cg 78’), esta redução

foi mais acentuada em todos os tratamentos (Figura 1C) a doença em relação à testemunha.

Em frutos inoculados com *P. caricae-papayae* (‘P 725’) os resultados foram semelhantes (Figura 1E). Já, na cv. ‘Sunrise Solo’, em frutos com

C. gloeosporioides ('Cg 32') os tratamentos de 15 a 30 min. reduziram a doença (Figura 1B). Nos frutos tratados e inoculados com *C. gloeosporioides* ('Cg 78') e *P. caricae-papayae* ('P 725'), o desenvolvimento da doença foi menor em relação a testemunha, mas não diferiu entre os tratamentos (Figuras 1D e 1F). Considerando a temperatura da água, em mamões (Tainung 1) inoculados com *C. gloeosporioides* ('Cg 32'), os tratamentos de 46 a 50 °C reduziram a doença, porém, os tratamentos a 48 e 50°C foram os que mais eficientes (Figura 2A). Em frutos inoculados com *C. gloeosporioides* ('Cg 78'), os tratamentos de 44 a 50°C reduziram (Figura 2C) a doença. Já em frutos inoculados com *P. caricae-papayae* ('P 725'), a doença foi menor em todos os tratamentos, porém, os tratamentos a 48 e 50°C diferenciaram-se dos demais (Figura 2E). Na cv. 'Sunrise Solo', em frutos inoculados com *C. gloeosporioides* ('Cg 32'), os tratamentos de 46 a 50°C reduziram significativamente a doença (Figura 2B). Em frutos inoculados com *C. gloeosporioides* ('Cg 78'), a doença em frutos tratados foi reduzida significativamente em tratamentos a 48 e 50°C reduziram (Figura 2D). Semelhantemente, nos tratamentos em frutos inoculados com *P. caricae-papayae* ('P 725'), a doença em frutos tratados foi reduzida significativamente (Figura 2F) em relação a testemunha.

Os tratamentos de frutos da cv. 'Sunrise Solo' a 48 e 50°C, inoculados com 'P 725', reduziram a doença em relação aos outros tratamentos (Figura 2F).

O tratamento hidrotérmico é usado em frutos de diversas espécies. Spalding e Reeder (1986) demonstraram que a antracnose (*C. gloeosporioides*) e podridão do pedúnculo (*Phomopsis natalaensis*) em manga, foram reduzidas pela associação de tratamento térmico com a irradiação e fungicida. Em citros (*Citrus* spp.) o tratamento por imersão em água (52°C / 2 min.) reduziu podridões pós-colheita (RODOV et al., 1995). Reyes et al. (1998) avaliaram o efeito da hidrotermia em diferentes temperaturas (45, 50 e 55°C) por até 40 min. no controle de podridão da coroa (*Chalara paradoxa*) em banana, verificaram que os frutos submetidos aos tratamentos a 45 e 50°C / 20 min. e 50°C / 10 min., apresentaram redução da doença. Em maracujá amarelo, a hidrotermia foi avaliada por Benato et al. (2001b), que demonstraram que os tratamentos a 42,5 e 45 °C / 8 min., foram eficientes no controle de podridões. O tratamento hidrotérmico (40 e 41 °C / 30 min.) reduziu podridões pós-colheita em abacate (*Persea americana*), porém em frutos submetidos ao tratamento a 42 °C houve um aumento nas podridões (HOFMAN et al., 2002).

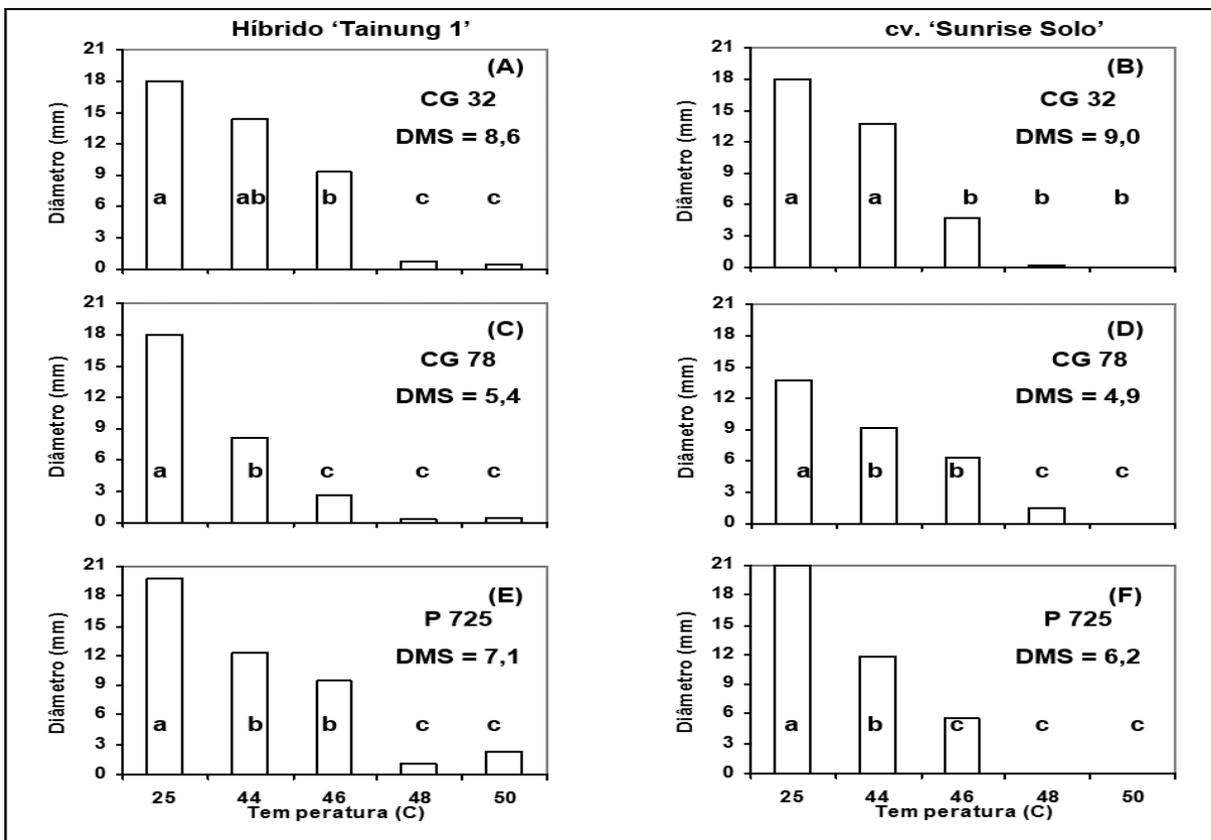


Figura 2. Efeito da temperatura (°C) da hidrotermia (20 min.), no diâmetro (mm) da lesão em mamão ('híbrido Tainung 1' e cv. 'Sunrise Solo') causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (CG 32 e CG 78) e *Phoma caricae-papayae* (P 725). (A e B) CG 32; (C e D) CG 78; (E e F) P 725. (A, C e E) 'Tainung 1'; (B, D e F) 'Sunrise Solo'. Barras de valores com letras iguais não diferem significativamente (Tukey, P ≤ 5%). DMS = diferença mínima significativa. Os valores são relativos às médias de 12 avaliações entre o 2º. e 14º dia após o tratamento dos frutos. O valor 25 corresponde à testemunha sem tratamento (25 +/- 2°C).

A variação de tempo e temperatura da água não alterou as propriedades físico-químicas dos frutos (Tabela 2). Os valores de firmeza (Tainung 1 = 0,71-1,66 kg cm⁻²; Sunrise Solo = 0,23-1,07 kg cm⁻²), pH (Tainung 1 = 5,09-5,16; Sunrise Solo = 5,19-5,29), sólidos solúveis totais (Tainung 1 = 9,47-11,17 ° Brix; Sunrise Solo = 11,31-13,16 ° Brix) e acidez titulável (Tainung 1 = 0,046-0,063 % de ácido

cítrico; Sunrise Solo = 0,050-0,083 % de ácido cítrico) dos frutos tratados não diferiram da testemunha. Exceção feita à acidez titulável, que foi maior a 48 °C / 20min do que a aquelas apresentadas por frutos (Tainung 1) submetidos aos demais tratamentos, bem como, a firmeza em uma situação foi positivamente correlacionada (r = 0,486, P ≤ 0,05) ao tempo de hidrotermia a 48 °C (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito do tempo e da temperatura da água sobre a firmeza (kg cm⁻²), pH, sólido solúvel total (SST - °Brix) e acidez total (AT - % de ácido cítrico) em mamão ‘Tainung 1’ e ‘Sunrise Solo’ infectados com *Colletotrichum gloeosporioides* ou *Phoma caricae-papayae*, aos 15d após a inoculação (14d após o tratamento dos frutos).

Mamão	‘Tainung 1’				‘Sunrise Solo’			
Efeito do tempo (minuto)								
Tratamento	Firmeza	pH	SST	AT	Firmeza	pH	SST	AT
0’ a 48°C	0,71	5,11	9,47	0,046c	0,23	5,22	11,31	0,050
10’ a 48°C	0,85	5,11	9,98	0,055bc	0,83	5,29	11,90	0,052
15’ a 48°C	0,92	5,16	10,53	0,050bc	0,40	5,25	12,49	0,053
20’ a 48°C	1,37	5,12	10,18	0,060ab	0,48	5,25	12,27	0,052
25’ a 48°C	1,06	5,14	9,52	0,050bc	0,68	5,24	11,41	0,053
30’ a 48°C	1,18	5,11	10,14	0,050bc	0,63	5,28	12,20	0,059
DMS (Tukey, 5%)	n.s.	n.s.	n.s.	0,013***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Correlação *	0,49*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Efeito da temperatura								
25°C (Ambiente)	1,12	5,12	10,48	0,057	0,70	5,22	13,16	0,076
44°C / 20’	1,43	5,13	10,56	0,070	0,73	5,27	13,16	0,083
46°C / 20’	1,25	5,12	10,99	0,058	0,66	5,19	12,67	0,082
48°C / 20’	1,66	5,09	11,17	0,061	1,07	5,29	12,29	0,076
50°C / 20’	1,36	5,10	10,29	0,063	0,98	5,27	13,12	0,078
DMS (Tukey, 5%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Correlação *	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

* Correlação entre o tempo ou a temperatura e a característica físico-química do fruto (Coeficiente de Pearson significativo, P ≤ 5%); ** Valores com letras iguais, na mesma coluna, não diferiram significativamente (Tukey, P ≤ 5%); n.s. = F não significativo (P ≤ 5%).

Pimentel et al. (2007) relataram que não houve diferença de firmeza entre mamões (cv. Solo) submetidos a choque térmico (60°C/30 seg.) somente. Todavia, esses autores relataram que frutos submetidos a 60°C/30 seg. e a 500Gy (1 Gray = 1 J kg⁻¹)

de radiação gama promoveu aumento da firmeza. Oliveira (1999) relatou que o tratamento térmico (49°C/20 min.) causou amolecimento de fruto e perda de firmeza, possivelmente, associada ao aumento da atividade de poligalacturonase, pectinase e galac-

tosidade. No presente estudo, contrariando Oliveira (1999), os tratamentos com água quente não provocaram perda de firmeza. Foi relatado que o tratamento de frutos de mamão (Maradol) com água quente (55°C / 3 min) reduziu a deterioração por ter efeito antifúngico, não afetou a firmeza e a coloração, bem como, não alterou as atividades de pectinometilsterase e poligalacturonase dos frutos (CHÁVEZ-SÁNCHEZ et al., 2013; SILVA et al., 2007).

Há situações onde tratamento hidrotérmico não apresenta redução de doenças pós-colheita. Como exemplo, em maçã (LUNARDI et al., 2003), o tratamento por imersão dos frutos em água aquecida não reduziu a podridão branca (*Botryosphaeria dothidea*). Porém, o tratamento por enxágue e escovamento em água quente (55 °C / 15 seg.), reduziu a podridão em maçãs inoculadas com *Penicillium expansum* e armazenadas por quatro semanas a 20 °C (FALLIK et al., 2001).

A exposição dos frutos em água quente (48 e 50 °C) por períodos que variaram de 20 a 30 min. resultou em redução significativa das doenças estudadas, provavelmente devido ao aquecimento superficial do fruto, ocasionando lento desenvolvimento do patógeno. As temperaturas do tratamento combinadas ao tempo de exposição, podem desnaturar enzimas e proteínas presentes nas estruturas fúngicas impedindo ou retardando a ação patogênica (ALLONG et al., 2001). Através de alguns dos tratamentos térmicos efetuados neste estudo, foi possível reduzir as podridões pós-colheita em mamão a valores próximos ao zero com as seguintes variações do tratamento costumeiramente aplicado: 48 °C/20 min., 48 °C/25 min., 48 °C/30 min. e 50 °C/20 min. Além disto, tais tratamentos, não causaram alterações impróprias às características físico-químicas dos frutos.

Foi relatado que frutos de mamão (Golden) tratados com uma combinação de água ozonizada (4 ppm/ 1-2 min) e água quente (45, 55 ou 65°C / 1 min) previne a entrada de patógenos através das aberturas da epiderme (KECHINSKI et al., 2012). Estudos recentes indicaram que o tratamento de frutos de mamão (Sunrise) com água quente (54°C/ 4 min) reduziu a incidência da antracnose devido à cobertura das aberturas naturais dos frutos pela cera da epiderme, provocada pelo espalhamento da cera derretida pelo tratamento com a água quente (LI et al., 2013). Em tal estudo, os autores (LI et al., 2013) informaram que o tratamento com água quente manteve as qualidades dos frutos climatéricos de mamão, e, que este pré-tratamento poderia manter as qualidades também durante o armazenamento e comercialização dos frutos.

CONCLUSÕES

Houve redução das podridões sem alteração das propriedades físico-químicas [firmeza (kg cm²),

pH, sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez titulável (% de ácido cítrico)] dos frutos, nos seguintes tratamentos térmicos: 48 °C/20 min., 48 °C/25 min., 48 °C/30 min. e 50 °C/20 min.

REFERÊNCIAS

AGRIANUAL – **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2011. p. 325-332.

AKAMINE, E. K.; ARISUMI, T. Control of postharvest storage decay of fruits of papaya (*Carica papaya* L.) with special reference to the effect of hot water. **Proceedings of the American Society of Horticultural Science**, v. 61, p. 270-274, 1953.

ALLONG, R.; WICKHAM, L. D.; MAJEED, M. Effect of cultivar, hot water treatment and storage conditions on quality of fresh-cut papaya (*Carica papaya* L.) **Journal of Applied Horticulture**, v. 2, n. 1, p. 15-18, 2001.

BAUTISTA-BAÑOS, S. et al. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, 2013.

BENATO, E. A., CIA, P.; SOUZA, N. L. Manejo de doenças de frutas pós-colheita. In: FERNANDES, J. M., PRESTES, A. M.; PICININI, E. C. (Eds.) **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo, 2001a. p. 403-440.

BENATO, E. A. et al. Efeito do tratamento hidrotérmico no controle de podridões pós-colheita em maracujá amarelo. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 27, n. 2, p. 339-403, 2001b.

CHAVÉZ-SÁNCHEZ, I. et al. The effect of antifungal hot-water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. **Journal of Food Science and Technology**, v.50, n.1, p. 101–107, 2013.

COUEY, H. M.; ALVAREZ, A. M. Comparison of hot-water spray and immersion treatments for control of post harvest decay of papaya. **Plant Disease**, v. 68, p. 436-437, 1984.

DIAZ, J., HAVE, A.; KAN, J. A. L. The role of ethylene and wound signaling in resistance of tomato to *Botrytis cinerea*. **Plant Physiology**, v. 129, p. 1341-1351, 2002.

ECKERT J. W.; OGAWA J. M. The Chemical Control of Postharvest Diseases: Subtropical and Tropi-

- cal Fruits. **Annual Review of Phytopathology**, v. 23, p. 421-454, 1985.
- FALLIK, E. et al. Ripening characterisation and decay development of stored apples after a short pre-storage hot water rinsing and brushing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 2, p. 127-132, 2001.
- HOFMAN, P. J. et al. Hot water treatments improve 'Hass' avocado fruit quality after cold disinfestation. **Postharvest Biology and Technology**, v. 24, p. 183-192, 2002.
- KECHINSKI, C.P. et al. Effects of ozonized water and heat treatment on the papaya fruit epidermis. **Food and Bioproducts Processing**, v. 90, p.118-122, 2012.
- LI, X. et al. Effects of hot water treatment on anthracnose disease in papaya fruit and its possible mechanism. **Postharvest Biology and Technology**, v. 86, p. 437-446, 2013.
- LUNARDI, R. et al. Efeito de tratamentos térmicos por imersão na qualidade de maçãs cv. Fuji inoculadas com *Botryosphaeria dothidea* e armazenadas em atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 332-334, 2003.
- NERY-SILVA, F.A. et al. Metodologia de inoculação de fungos causadores da podridão peduncular em mamão. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.5, p. 1374-1379, 2007.
- NISHIJIMA, K. A. et al. Effect of forced, hot-air treatment of papaya fruit on fruit quality and incidence of post harvest diseases. **Plant Disease**, v. 76, p. 723-727, 1992.
- NISHIJIMA, W. T. Effect of hot-air and hot-water treatments of papaya fruits on fruits quality and incidence of diseases. **Acta Horticulturae**, v. 370, p.121-128, 1995.
- OLIVEIRA, F. A. M. B. **Comportamento térmico e qualidade pós-colheita do mamão submetido a radiação de microondas e a hidrotermia**. 1999. 51p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- PEREZ-CARRILLO, E.; YAHIA, E. M. Effect of postharvest hot air and fungicide treatments on the quality of 'Maradol' papaya (*Carica papaya* L.). **Journal of Food Quality**, v. 27, p. 127-139, 2004.
- PIMENTEL, R. M.; MARCONDES, Y. E. M.; WALDER, J. M. M. Qualidade do mamão cv. Solo submetido ao choque térmico e tratamento quarentário por radiação gama. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 483-487, 2007.
- REYES, M. E., NISHIJIMA, W.; PAULL, R. E. Control of crown rot in 'Santa Catarina Prata' and 'Williams' banana with hot water treatments. **Postharvest Biology and Technology**, v. 14, p. 71-75, 1998.
- RODOV, V. et al. Reducing chilling injury and decay of stored citrus fruit by hot water dips. **Postharvest Biology and Technology**, Washington, v. 5, p. 119-127, 1995.
- SILVA, J. A. T. et al. Papaya (*Carica papaya* L.) biology and biotechnology. **Tree and Forestry Science and Biotechnology**, v.1, n.1, p. 47-73, 2007.
- SPALDING, D. H.; REEDER, W. F. Decay and acceptability of mangos treated with combination of hot water, imazalil, and g-radiation. **Plant Disease**, v. 70, p. 1149-1151, 1986.
- TATAGIBA, J. S. et al. Controle e condições climáticas favoráveis à antracnose do mamoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Fortaleza, v. 27, n. 4, p. 186-192, 2002.