

## Choque térmico combinado ao cálcio na indução de tolerância do tomate ao armazenamento refrigerado

KARINE ZACHOW<sup>1</sup>; GILBERTO COSTA BRAGA<sup>2\*</sup>; JOSÉ RENATO STANGARLIN<sup>2</sup>;  
VIVIANE MARCELA CELANT<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestranda em Agronomia, PPGA, Centro de Ciências Agrárias/CCA, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR. E-mail: [kare\\_zac@yahoo.com.br](mailto:kare_zac@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Docentes do CCA, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. E-mail: [gcb1506@gmail.com](mailto:gcb1506@gmail.com). \*Autor para correspondência

<sup>3</sup>Doutoranda em Agronomia, PPGA, CCA, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE. E-mail: [vivicelant@hotmail.com](mailto:vivicelant@hotmail.com)

### RESUMO

Neste trabalho foi avaliado o efeito do choque térmico, combinado ou não ao cálcio, na resposta bioquímica e microbiológica de tomates armazenados sob refrigeração. Tratamentos de choque térmico (45 °C por 12 min em imersão) combinado ao cálcio (CaCl<sub>2</sub>) foram aplicados aos tomates. Depois dos tratamentos, os tomates foram armazenados a 5 °C por 10 dias, com subsequente armazenagem a 20 °C por mais 10 dias. A atividade de peroxidase (POD), os conteúdos de β-caroteno, licopeno, fenólicos totais e ácido ascórbico e também a incidência de patógenos foram avaliados. Os resultados mostraram que não houve efeito do choque térmico e de sua combinação com Ca sobre as atividades de POD e sobre o conteúdo de ácido ascórbico dos tomates submetidos ao estresse pelo frio. Influência significativa no conteúdo de fenólicos totais dos tomates estressados pelo frio ocorreu apenas quando o choque térmico foi aplicado com o cálcio, com acúmulo inferior ao controle. A utilização do choque térmico nos tomates submetidos ao estresse pelo frio mostrou eficiência na redução da incidência de patógenos, o que permite maior vida útil pós-colheita dos frutos armazenados sob refrigeração. A associação do cálcio com choque térmico se mostrou menos eficiente no controle da incidência de patógenos do que o choque térmico isolado, não compensando o uso do cálcio. Sintomas de dano pelo frio devido à senescência e desenvolvimento de patógenos não foram constatados nos tomates tratados com choque térmico isolado, revelando-se como método eficiente na promoção de tolerância do fruto ao frio.

**Palavras-Chave:** *Lycopersicon esculentum*, atividade enzimática, estresse fisiológico, dano pelo frio.

### ABSTRACT

#### Thermal shock with combined calcium in tomato tolerance induction to cold storage

This study evaluated the effect of thermal shock, combined with calcium in the microbiological and biochemical response of tomatoes stored under refrigeration. Heat shock treatments (45 °C for 12 min under water) combined with calcium (CaCl<sub>2</sub>) were applied to tomatoes. After treatments, fruit were stored at 5 °C for 10 days, with subsequent storage at 20 °C for 10 days. The activity of peroxidase (POD), the contents of β-carotene, lycopene, phenolics and ascorbic acid and also the incidence of pathogens were evaluated. The results showed no effect of heat shock and its combination with Ca on the activities of POD and the ascorbic acid content of tomatoes submitted to cold stress. Significant influence on the total phenolic content of tomatoes under cold stress occurred only when the thermal shock was apply with calcium, with accumulation below the control. The use of thermal shock in tomatoes submitted to cold stress showed effectiveness in reducing the incidence of pathogens, which

SAP 6405

DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v13n1p47-56

Data do envio: 07/05/2012

Data do aceite: 07/05/2013

Scientia Agraria Paranaensis - SAP  
Mal. Cdo. Rondon, v.13, n.1, jan./mar., p.47-56, 2014

allows for greater shelf-life of fruits stored under refrigeration. The combination of calcium with heat shock was less effective in controlling fungal incidence compared to heat shock alone would not compensating for its use. Symptoms of chilling injury due to senescence and development of pathogens were not found in tomatoes treated with heat shock isolated, revealing itself as an effective method in promoting tolerance of fruit to cold stress.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum*, enzyme activity, physiological stress, chilling.

## INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é o segundo produto hortícola de maior volume de produção e consumo do mundo e constitui um dos principais alimentos como fonte nutricional por ser consumido com grande frequência e, em geral, na forma *in natura* (COSTA & CAIXETA-FILHO, 1996). É um fruto rico em carotenóides, polifenóis e ácido ascórbico que exercem diversas funções bioquímicas nas plantas, agindo como antioxidantes ou em mecanismos de proteção (CASTRO et al., 2005). A composição de compostos com funções bioquímicas presentes em frutos é variável e seus níveis de concentração são influenciados por fatores como estágio de maturação e intensidade de estresse ambiental em que se encontram os frutos (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al., 2010).

Embora o armazenamento refrigerado seja um dos principais métodos utilizados para conservação de frutas e hortaliças, o tomate apresenta alta suscetibilidade a danos pelo frio, não suportando temperaturas inferiores a 12 °C (JACKMAN et al., 1988). A temperatura ótima de armazenamento do tomate depende do estágio de maturação, sendo que frutos verdes podem ser armazenados em temperaturas em torno de 12 °C, frutos parcialmente maduros em torno de 10 °C e frutos maduros devem ser armazenados em temperaturas não inferiores a 8 °C (LUENGO; CALBO, 2001; KLUGE et al., 1998). Assim, o dano pelo frio, também denominado de *chilling*, ocorre quando os frutos são armazenados abaixo da temperatura recomendada, ou seja, abaixo do nível crítico fisiológico, e a severidade do sintoma depende da temperatura e do tempo de exposição (LUENGO & CALBO, 2001). O dano fisiológico de estresse causado pelo frio se caracteriza pelo aparecimento de desordens fisiológicas levando a alterações drásticas no metabolismo de frutos, cujo efeito é visualmente aparente quando o produto é exposto à temperatura ambiente (CASTRO et al., 2005). De acordo com Kanjuga (2008), a resposta de plantas ao dano pelo frio está baseada num conjunto de reações oxidativas levando a peroxidação lipídica e colapso celular.

A aplicação pós-colheita de cálcio pode contribuir para reduzir vários tipos de desordens fisiológicas. Lima & Durigan (2002) citam que o cálcio participa de forma importante na estrutura e na resistência mecânica da parede celular, facilitando ligações entre polímeros de pectina da lamela média, o que aumenta esta resistência, além de controlar a taxa respiratória. Assim, sua aplicação exógena pode contribuir para retardar a senescência de frutos. O maior teor de cálcio no fruto retarda o amadurecimento e a senescência, mediante redução da respiração, da evolução do etileno e perda da massa fresca, estendendo a vida pós-colheita (HOJO et al., 2009).

Tratamentos com choques térmicos têm sido utilizados em tecnologia pós-colheita de frutos para o controle de insetos e patógenos, e modificação de respostas fisiológicas de frutos a outros estresses (LURIE, 1998). Frutos quando tratados termicamente pela aplicação de temperaturas não letais sofrem pouca alteração (LURIE, 1998; CHITARRA & CHITARRA, 2005). Diversas pesquisas sobre a aplicação do choque térmico tem sido feitas para diminuir o efeito do dano pelo frio em frutos (SABEHAT et al., 1996; LURIE et al., 1997; McDONALD et al., 1999; ERKAN et al., 2005; JING et al., 2009). Porém, estudos com a aplicação do choque térmico combinado com cálcio e os efeitos na resposta do tomate ao estresse pelo frio ainda não foram realizados. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do choque térmico, em combinação com o cálcio, na resposta bioquímica e microbiológica de tomates armazenados a baixa temperatura.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Amostra

Foram avaliados tomates 'Santa Clara', colhidos no primeiro semestre de 2011, em área de produção comercial do município de Marechal Cândido Rondon, Oeste do Paraná. Foram colhidos e selecionados frutos em estágio vermelho-maduro, sadios, de tamanhos homogêneos e sem danos mecânicos. Depois, os tomates foram higienizados por lavagem com água corrente e imersão dos frutos em solução de hipoclorito de sódio  $0,1 \text{ mL L}^{-1}$ , por 3 min.

### Tratamento térmico e armazenamento refrigerado

O choque térmico foi caracterizado pela imersão dos frutos em banho aquecido com temperatura controlada de  $45 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , por 12 min. Assim, os tomates foram submetidos aos tratamentos de choque térmico isolado, choque térmico combinado ao cálcio ( $\text{CaCl}_2$  2%) e o respectivo controle não tratado. O  $\text{CaCl}_2$  foi dissolvido na água do banho de imersão.

Após os tratamentos, os tomates foram deixados sob repouso por 30 min para eliminação do excesso de umidade, sendo então acondicionados em bandejas de poliestireno envolvidos por filme de PVC e armazenados em câmara controlada à temperatura de  $5 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $80\% \pm 5\%$  por 10 dias, seguido por mais 10 dias de armazenagem em temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ , com umidade relativa de  $62\% \pm 5\%$ . Aos 10 e aos 20 dias de armazenagem os tomates foram amostrados para a realização das análises ou armazenados sob congelamento a  $-24 \text{ }^\circ\text{C}$  para posteriores avaliações. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### Atividade de peroxidase e polifenoloxidase

As amostras foram preparadas de acordo com Lusso & Pascholati (1999). As amostras de tomate foram maceradas em 4 mL de tampão de extração fosfato de sódio 0,01 M (pH 6,0) e 0,04 g de polivinil pirrolidona em almofariz de porcelana previamente resfriado. O extrato homogeneizado foi centrifugado a  $20.000 \text{ g}$  por 20 min e a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$ . O sobrenadante obtido foi armazenado a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  para as análises enzimáticas.

A atividade de peroxidase (PO) ocorreu a  $30 \text{ }^\circ\text{C}$  e foi determinada através do método espectrofotométrico direto (HAMMERSCHMIDT et al., 1982). A reação enzimática consistiu da mistura de 2,9 mL do substrato para enzima ( $306 \text{ } \mu\text{L}$  de peróxido de hidrogênio +  $12,5 \text{ mL}$  de guaiacol alcoólico 2% +  $87,5 \text{ mL}$  de tampão fosfato 0,01 M (pH 6,0) com  $0,1 \text{ mL}$  do extrato centrifugado. A reação ocorreu a  $470 \text{ nm}$  pelo período de 2 min, com as medidas de densidade óptica tomadas a cada 15 segundos.

### Compostos fenólicos totais

A determinação de fenólicos totais foi baseada na metodologia proposta por Singleton et al. (1999) com algumas modificações, com leitura realizada em espectrofotômetro a  $760 \text{ nm}$ . Foram obtidos os extratos alcoólicos adicionando  $9,0 \text{ mL}$  de álcool etílico em três gramas de cada amostra de tomate. Em seguida o extrato foi disperso em Ultra Turrax e centrifugado a  $10.000 \text{ g}$  por 10 min. Depois de filtrado,  $0,5 \text{ mL}$  do extrato foi transferido para um tubo de ensaio, adicionando-se  $8,0 \text{ mL}$  de água destilada e  $0,5 \text{ mL}$  do reagente Folin Ciocalteau. A solução foi homogeneizada em Vortex e, após 3 min, acrescentou-se  $1,0 \text{ mL}$  de solução de  $\text{NaCO}_3$  1,0 M. A solução foi mantida a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  por 5 min e depois determinada a absorbância. Utilizou-se como padrão o ácido gálico, nas concentrações de 2, 5, 10, 15 e  $20 \text{ } \mu\text{g mL}^{-1}$  para estimar a equação da curva padrão. A partir da equação de regressão linear obtida, realizou-se o cálculo do teor de fenólicos totais, expresso em equivalente ácido gálico ( $\text{mg EAG g}^{-1}$  de amostra).

### $\beta$ -caroteno e licopeno

A determinação de  $\beta$ -caroteno e de licopeno foi realizada de acordo com a metodologia de Nagata & Yamashita (1992). A parcela de um grama da amostra de tomate foi macerada e

homogeneizada com 10 mL de solvente (6 mL de hexano : 4 mL de acetona) com Ultra-Turrax durante um minuto. Após centrifugação a 10.000 g por 10 min, a fase superior foi recolhida para leitura da absorbância em espectrofotômetro a 663, 645, 505 e 453nm. Os teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno, expressos em mg g<sup>-1</sup> da matéria fresca, foram calculados conforme as seguintes equações:

$$\text{Licopeno} = -0,0458A_{663} + 0,204A_{645} + 0,372A_{505} - 0,0806A_{453}$$

$$\beta\text{-caroteno} = 0,216A_{663} - 1,22A_{645} - 0,304A_{505} + 0,452A_{453}$$

Onde:  $A_{663}$ ,  $A_{645}$ ,  $A_{505}$  e  $A_{453}$  são as absorbâncias a 663, 645, 505 e 453nm, respectivamente.

### Ácido ascórbico

O ácido ascórbico foi determinado pelo método titulométrico de Tillmans modificado (BENASSI; ANTUNES, 1988), que se baseia na redução do 2,6-diclorofenol-indofenol-sódico pelo ácido ascórbico, com resultados foram expressos em mg 100 g<sup>-1</sup>.

### Incidência de patógenos

A incidência de patógenos foi determinada de acordo com Cao et al. (2011). As amostras de 5 frutos de cada repetição foram avaliadas visualmente considerando a ocorrência de sintomas de desenvolvimento fungos ou bactérias. A incidência de patógenos foi estimada por um índice de acordo com uma escala de quatro pontos, onde 0 = sadio ou nenhum fruto atacado, 1 = leve incidência, < 25% da superfície dos frutos atacados, 2 = incidência moderada, cobrindo > 25%, mas inferior a 50% da superfície dos frutos, 3 = incidência severa, cobrindo mais de 50% da superfície dos frutos. A incidência de patógenos (%) foi calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Incidência de Patógeno (\%)} = (1 \times N_1 + 2 \times N_2 + 3 \times N_3) \times [100 / (3 \times N)]$$

Onde N é o número total de frutos avaliados (5) e N1, N2 e N3 o número de frutos atacados por nota de incidência.

### Análise estatística

Foi aplicado o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo para cada repetição um fruto. Aos resultados foi aplicada a Análise de Variância e teste F. Quando significativo o parâmetro, suas médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Foi considerado significativo o resultado quando  $p < 0,05$ . O pacote estatístico SAEG foi utilizando.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Atividade de peroxidase (POD)

Conforme apresentado na Tabela 1, os tratamentos de choque térmico com ou sem cálcio não causaram efeito significativo para a atividade de POD nos tomates após armazenagem a 5 °C ou após a subsequente armazenagem a 20 °C. As mudanças na atividade de POD refletem duas condições do fruto: resultante de eventos geneticamente programados do metabolismo normal do órgão como a maturação, ou resultante de estresses causados por condições desfavoráveis externas (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Em ambos os casos, a elevação na atividade de POD se explica pela sua função metabólica de proteger os tecidos vegetais contra os efeitos tóxicos do peróxido de hidrogênio produzidos durante o metabolismo celular (CASTRO et al., 2005). O armazenamento a 5 °C é uma condição fisiologicamente desfavorável ao tomate (LUENGO & CALBO, 2001) que conduz à elevação dos níveis de espécies reativas de oxigênio, como o peróxido de hidrogênio, responsáveis por danos a célula (BURNETTE, 1977) e o choque térmico tem sido relatado por sua ação em aumentar a tolerância de frutos ao dano pelo frio, induzindo ao aumento da atividade de peroxidases (KLUGE et al., 1998; LURIE, 1998). No

entanto, os níveis de atividade de POD dos tomates tratados com choque térmico ou choque térmico mais cálcio não apresentaram diferenças significativas em relação ao controle.

**TABELA 1.** Atividade de Peroxidase dos tomates ‘Santa Clara’ tratados e armazenados a 5 °C por dez dias e subsequente armazenamento a 20 °C por mais dez dias.

Tratamento	Peroxidase ( $\Delta$ abs min <sup>-1</sup> mg de peso fresco <sup>-1</sup> )	
	10 dias a 5 °C <sup>ns</sup>	10 dias a 20 °C <sup>ns</sup>
Controle	0.171 ± 0.031	0.183 ± 0.027
Choque térmico	0.192 ± 0.024	0.178 ± 0.028
Choque + Ca	0.158 ± 0.037	0.165 ± 0.018

Médias ± desvios padrão;

<sup>ns</sup> não significativo a p<0,05.

### Ácido ascórbico e fenólicos totais

Foi verificado que o choque térmico e a combinação de choque térmico + Ca não causaram efeito sobre os conteúdos de ácido ascórbico dos tomates após armazenamento refrigerado, bem como não houve diferenças significativas entre os resultados desses tratamentos e o controle (Tabela 2). O ácido ascórbico se encontra sob duas formas: reduzida (ácido L-ascórbico) ou oxidada (ácido deidroascórbico ou deidroascorbato). A conversão do ácido ascórbico em ácido deidroascórbico ocorre normalmente no interior do órgão e é reversível pela ação de redutases, conduzindo a uma reciclagem da forma reduzida, de forma que a manutenção dos níveis de ácido ascórbico em órgãos vegetais é rigidamente controlada por níveis de síntese, degradação, reciclagem e transporte dentro da célula (STEVENS et al., 2008). Devido ao papel antioxidante do ácido ascórbico, a via de reciclagem é especialmente importante durante a resposta do órgão a estresses oxidativos, quando o ácido ascórbico reduzido é oxidado para sua forma instável de deidroascorbato que é facilmente degradado. De acordo com Smirnoff e Wheeler (2000), a forma reduzida do ácido ascórbico pode ser esgotada se as formas oxidadas não forem recuperadas por enzimas redutases (monodeidroascorbato e deidroascorbato redutase), expressas geneticamente em resposta a estresses oxidativos. Porém, os resultados encontrados neste trabalho (Tabela 2) não mostraram recuperação ou aumento na concentração de ácido ascórbico dos tomates em resposta aos tratamentos de choque térmico ou do cálcio que pudessem indicar efeito supressor ao estresse pelo frio.

Com relação ao conteúdo de fenólicos totais dos tomates refrigerados, o choque térmico influenciou significativamente apenas quando associado ao cálcio, com acúmulo inferior ao controle e aos demais tratamentos (Tabela 2), mostrando indícios de que o cálcio possa ter interferido no metabolismo secundário do órgão. Depois de retirados da refrigeração e ao final do armazenamento a 20 °C por mais 10 dias, não foram verificadas diferenças significativas entre tratamentos e controle no conteúdo de fenólicos totais dos tomates. O ‘chilling’ ou dano pelo frio, é um dos muitos estresses abióticos que causam desordens fisiológicas, por intermédio de sinais que levam a indução de proteínas específicas. Algumas dessas proteínas são enzimas do metabolismo secundário de fenilpropanóides, cujo aumento da atividade leva ao acúmulo de compostos fenólicos (PEISER et al., 1998; LOPEZ-GALVEZ et al., 1996). Segundo Saltveit (2000), a exposição do órgão vegetal ao choque térmico, induz a síntese de um conjunto único de proteínas chamadas de ‘proteínas de choque térmico’, e que a síntese dessas proteínas é acompanhada por uma inibição geral da síntese de proteínas normais da rota de fenilpropanóides e, conseqüente inibição do acúmulo de compostos fenólicos. Tal efeito inibitório foi verificado apenas nos tomates tratados com choque térmico + Ca durante o período de armazenamento refrigerado.

**TABELA 2.** Conteúdos de ácido ascórbico e compostos fenólicos totais dos tomates ‘Santa Clara’ tratados e armazenados a 5 °C por dez dias e subsequente armazenamento a 20 °C por mais dez dias.

Tratamento	Ácido ascórbico (mg 100 g <sup>-1</sup> )		Fenólicos totais (mg g <sup>-1</sup> )	
	10 dias a 5 °C <sup>ns</sup>	10 dias a 20 °C <sup>ns</sup>	10 dias a 5 °C <sup>*</sup>	10 dias a 20 °C <sup>ns</sup>
Controle	16.10 ± 2.10	19.09 ± 2.90	2.47 ± 0.25 <sup>a</sup>	2.25 ± 0.34
Choque térmico	19.68 ± 2.85	21.52 ± 3.41	2.35 ± 0.36 <sup>a</sup>	2.37 ± 0.27
Choque + Ca	19.28 ± 2.29	19.09 ± 2.10	1.94 ± 0.32 <sup>b</sup>	2.36 ± 0.28

Médias ± desvios padrão (n=5);

\* significativo a p<0,05; <sup>ns</sup> não significativo a p<0,05;

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

### β-caroteno e licopeno

Os conteúdos de β-caroteno e de licopeno dos tomates tratados com choque térmico e sua combinação com Ca e após armazenagem a 5 °C foram significativamente inferiores ao controle (tomates não tratados) (Tabela 3), indicando que o choque térmico, associado ou não ao cálcio, inibiu o acúmulo de β-caroteno e licopeno nos tomates sob condições de estresse pelo frio. Porém, após armazenamento por 10 dias a 20 °C não houve influência significativa dos tratamentos sobre os conteúdos de β-caroteno e licopeno. Em contraste, McDonald et al. (1999) em experimento similar com tomates ‘Sunbean’ maduros, verificaram que os níveis de licopeno nos tomates não foram afetados pelo choque térmico ou pela temperatura de armazenagem. Esses mesmos autores mencionaram também que a resposta ao tratamento térmico pode variar com a cultivar do fruto. Outros autores, em trabalhos similares, verificaram maior acúmulo de licopeno em tomates verde-maduros tratados termicamente (AJLOUNI et al., 2001; SOTO-ZAMORA et al., 2005).

**TABELA 3.** Conteúdos de licopeno e β-caroteno dos tomates ‘Santa Clara’ tratados e armazenados a 5 °C por dez dias e subsequente armazenamento a 20 °C por mais dez dias.

Tratamento	Licopeno (mg g <sup>-1</sup> )		β-caroteno (mg g <sup>-1</sup> )	
	10 dias a 5 °C <sup>*</sup>	10 dias a 20 °C <sup>ns</sup>	10 dias a 5 °C <sup>*</sup>	10 dias a 20 °C <sup>ns</sup>
Controle	0.433 ± 0.050 <sup>a</sup>	0.353 ± 0.083	0.122 ± 0.013 <sup>a</sup>	0.100 ± 0.037
Choque térmico	0.237 ± 0.087 <sup>b</sup>	0.353 ± 0.111	0.067 ± 0.025 <sup>b</sup>	0.085 ± 0.037
Choque + Ca	0.301 ± 0.110 <sup>b</sup>	0.400 ± 0.106	0.067 ± 0.023 <sup>b</sup>	0.113 ± 0.025

Médias ± desvios padrão (n=5);

\* significativo a p<0,05; <sup>ns</sup> não significativo a p<0,05;

Médias seguidas de mesmas letras na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey.

### Incidência de patógenos

Os resultados mostram que o choque térmico foi eficiente na inibição do desenvolvimento de patógenos nos tomates estressados pelo frio, especialmente para os frutos tratados apenas com choque térmico que apresentaram 0 % de incidência de infecção por patógeno, comparados aos frutos do controle que apresentaram 80 % de incidência (Tabela 4). O efeito inibitório do desenvolvimento de patógenos devido ao choque térmico fica evidente, pois segundo Brackmann et al. (2007), tomates já em estágio maduro são ainda mais suscetíveis a danos por patógenos, comparados a frutos parcialmente maduros ou em início de amadurecimento. Esses mesmos autores verificaram que tomates ‘Cronus’ após armazenagem por 30 dias a 6 °C apresentaram 66,7 % de incidência de podridões e correlacionaram esse resultado como decorrente do dano pelo frio. De acordo com Lurie et al. (1997), um dos sintomas típicos de dano pelo frio é o aumento na suscetibilidade à degradação por patógenos, e que a aplicação de choque térmico pode tornar o fruto tolerante ao dano pelo frio e, conseqüentemente, mais resistente ao desenvolvimento de podridões. Outros autores também verificaram inibição do desenvolvimento de patógenos em abacaxi (WIJERATNAM et al.,

2005), em uvas (KARABULUT et. al., 2004) e em goiaba (PESSOA et al., 2007) devido ao choque térmico.

O choque térmico quando associado ao Ca não se mostrou eficiente em diminuir a suscetibilidade dos tecidos ao desenvolvimento de patógenos, pois seu resultado de incidência de patógenos foi de 80 %, similar ao controle (Tabela 4). Fatores como cultivar e o estágio de maturação podem afetar a absorção do Ca e a resposta do fruto a este nutriente. Em frutos, a absorção do cálcio pela cutícula é facilitada nos frutos imaturos onde a camada de cera é reduzida, mas nos frutos em estádios avançados, em função da maior espessura na camada de cera, a absorção é bastante reduzida (POOVAIAH, 1986; TECCHIO et al, 2009). Este fato pode ter contribuído para a ineficiência do cálcio, pois os frutos foram tratados em estágio vermelho-maduro. Ao contrário do que se esperava, o cálcio atenuou o efeito do choque térmico, o que tornou os frutos suscetíveis aos patógenos.

**TABELA 4.** Incidência de fungos nos tomates ‘Santa Clara’ tratados e armazenados a 5 °C por dez dias e subsequente armazenamento a 20 °C por mais dez dias.

Tratamento	Incidência de fungos (%)	
	10 dias a 5 °C	10 dias a 20 °C
Controle	0	80
Choque térmico	0	0
Choque + Ca	0	80

A elevada incidência de patógenos nos tomates não tratados pode ser resultado da expressão do dano fisiológico causado pelo frio, tornando os frutos suscetíveis ao desenvolvimento microbiano. Brackmann et al. (2007) citam que os danos pelo frio causados às células e tecidos do tomate ocorrem principalmente durante a exposição à baixa temperatura, enquanto que o desenvolvimento de seus sintomas ocorre após a remoção do fruto para uma temperatura não refrigerada.

## CONCLUSÕES

Tomates em estádios fisiológicos vermelho-maduros e submetidos ao estresse pelo frio não mostraram mudanças na atividade de peroxidase e no conteúdo de ácido ascórbico em resposta aos tratamentos com choque térmico. O choque térmico se mostrou influente na resposta dos tomates ao estresse pelo frio, causando menores acúmulos de licopeno e  $\beta$ -caroteno nos frutos. A utilização do choque térmico nos tomates submetidos ao estresse pelo frio mostrou eficiência na redução da incidência de patógenos, o que permite maior vida útil pós-colheita dos frutos armazenados sob refrigeração. A aplicação do cálcio combinado ao choque térmico se mostrou ineficiente no controle da incidência de patógenos, não compensando o seu uso.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo financiamento da bolsa de Mestrado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AJLOUNI, S.; KREMER, S.; MASIH, L. Lycopene content in hydroponic and non-hydroponic tomatoes during postharvest storage. **Food Australia**, v.53, p.195–196, 2001.
- BENASSI, M.T.; ANTUNES, A.J.A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.31, n.4, p.507-513, 1988.

BRACKMANN, A.; STEFFENS, C.A.; ANDRIOLO, J.L.; PINTO, J.A.V. Armazenamento de tomate cultivar “Cronus” em função do estágio de maturação e da temperatura. **Ciência Rural**, v.37, n.5, 2007.

BURNETTE, F.S. Peroxidase and its relationship to food flavor and quality: a review. **Journal of Food Science**, v.2, n.1, p.1-6, 1977.

CAO, S.; HU, Z.; ZHENG, Y.; YANG, Z.; LU, B. Effect of BTH on antioxidant enzymes, radical-scavenging activity and decay in strawberry fruit. **Food Chemistry**, v.125, p.145–149, 2011.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A.; PERES, L.E.P. **Manual de fisiologia vegetal: teoria e prática**. Piracicaba: Ceres, 2005. 650p.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**, 2ª ed., Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 320p.

COSTA, F. G.; CAIXETA FILHO, J. V. **Análise das Perdas na Comercialização de tomate: um estudo de caso**. São Paulo: Informações Econômicas, 1996. 26p.

ERKAN, M.; PEKMEZCII, M.; WANG, C.Y. Hot water and curing treatments reduce chilling injury and maintain post-harvest quality of ‘Valencia’ oranges. **International Journal of Food Science and Technology**, v.40, p.91-96, 2005.

HAMMERSCHMIDT, T.R.; NUCLES, E.M.; KUC, J. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. **Physiological Plant Pathology**, v.20, p.73-82, 1982.

HOJO, R.H.; SÃO JOSÉ, A.R.; HOJO, E.T. D.; ALVES, J.F.T.; REBOUÇAS, T.N.H.; DIAS, N.O.D. Qualidade de manga “tommy atkins” pós-colheita com uso de cloreto de cálcio na pré-colheita. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.62-70, 2009.

JACKMAN, R.L.; YADA, R.Y.; MARANGONI, A.; PARKIN, K.L.; STANLEY, D.W. Chilling injury: a review of quality aspects. **Journal of Food Quality**, v.11, n.4, p.253-278, 1988.

JING, Y.; MAO-RUN, F.; YU-YING, Z.; LIN-CHUN, M. Reduction of chilling injury and ultrastructural damage in cherry tomato fruits after hot water treatment. **Agricultural Sciences in China**, v.8, p.304-310, 2009.

KANJUGA, Z. Chilling response of plants: importance of galactolipase, free fatty acids and free radicals. **Plant Biology**, v.10, n.2, p.171-184, 2008.

KARABULUT, O.A.; GLABER, F.M.; MANSOUR, M.; SMILANICK, J.L. Post harvest ethanol and hot water treatments of table grapes to control gray mold. **Postharvest Biology and Technology**, v. 34, p. 169-177, 2004.

KLUGE, R.A.; RODRIGUES, D.S.; MINAMI, K. Aquecimento intermitente de tomates: efeito sobre injúrias pelo frio. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.1, 1998.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. Reguladores vegetais na conservação pós-colheita de goiabas ‘Paluma’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.24, n.2, p.370-375, 2002.

- LOPEZ-GALVEZ, G., SALTVEIT, M.E., CANTWELL, M.I. Wound-induced phenylalanine ammonia-lyase activity: factors affecting its induction and correlation with the quality of minimally processed lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.223–233, 1996.
- LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2001. 242p.
- LURIE, S. Postharvest heat treatments. Review. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.257–269, 1998.
- LURIE, S.; LAAMIM, M.; LAPSKER, Z.; FALLIK, E. Heat treatments to decrease chilling injury in tomato fruit: effects on lipids, pericarp lesions and fungal growth. **Physiologia Plantarum**, v.100, p.297-302, 1997.
- LUSSO, M.F.G.; PASCHOLATI, S.F. Activity and isoenzymatic pattern of soluble peroxidases in maize tissues after mechanical injury or fungal inoculation. **Summa Phytopathologica**, v.25, p.244-249, 1999.
- McDONALD, R.E.; McCOLLUM, T.G.; BALDWIN, E.A. Temperature of water heat treatments influences tomato fruit quality following low-temperature storage. **Postharvest Biology and Technology**, v.16, p.147–155, 1999.
- MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A.; FRASER, P.; BRAMLEY, P. Accumulation of health promoting phytochemicals in wild relatives of tomato and their contribution to in vitro antioxidant activity. **Phytochemistry**, v.71, n.10, p.1104-1114, 2010.
- NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology**, v. 39, n.10, p.928-928, 1992.
- PEISER, G.; LÓPEZ-GÁLVEZ, G.; CANTWELL, M.I.; SALTVEIT, M.E. Phenylalanine ammonia-lyase inhibitors control browning of cut lettuce. **Postharvest Biology and Technology**, v.14, p.171–177, 1998.
- PESSOA, W.R.L.S.; LOPES, A.L.; COSTA, V.S.O. Efeito do tratamento hidrotérmico associado a indutores de resistência no manejo da antracnose da goiaba em pós-colheita. **Caatinga**, v.20, n.3, 129-135, 2007.
- POOVAIAH, B. W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, v.40, n.1, p.86-89, 1986.
- SABEHAT, A.; WEISS, D.; LURIE, S. The correlation between heat-shock protein accumulation and persistence and chilling tolerance in tomato fruit. **Plant Physiology**, v.110, p.531-537, 1996.
- SALTVEIT, M.E. Wound induced changes in phenolic metabolism and tissue browning are altered by heat shock. **Postharvest Biology and Technology**, v.21, p.61-69, 2000.
- SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, v.299, p. 152-178, 1999.

SMIRNOFF, N.; WHEELER, G.L. Ascorbic acid in plants: biosynthesis and function. **Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology**, v.35, p.291–314, 2000.

SOTO-ZAMORA, G.; YAHIA, E.M.; BRECHT, J.K.; GARDEA, A. Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. **Swiss Society of Food Science and Technology**, v.38, p.657-663, 2005.

STEVENS, R.; PAGE, D.; GOUBLE, B.; GARCHERY, C.; ZAMIR, D.; CAUSSE, M. Tomato fruit ascorbic acid content is linked with monodehydroascorbate reductase activity and tolerance to chilling stress **Plant, Cell and Environment**, v.31, p.1086-1096, 2008.

TECCHIO, M.A.; TERRA, M.M.; CIA, P.; PAIOLI-PIRES, E.J.; MOURA, M.F.; SANCHES, J.; BENATO, E.A.; HERNANDES, J.L.; VALENTINI, S.R.T.; SIGRIST, J.M.M. Efeito do ácido naftalenoacético e do cloreto de cálcio na redução das perdas pós-colheita em uva “niágara rosada”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.31, n.1, p.53-61, 2009.

WIJERATNAM, R.S.W.; HEWAJULIGE, I.G.N.; ABEYRATNE, N. Postharvest hot water treatment for the control of Thielaviopsis black rot of pineapple. **Postharvest Biology and Technology**, v.36, p.323-327, 2005.