

Qualidade do tomate 'PITENZA' com utilização da radiação ultravioleta (UV-C)

Quality in the 'Pitenza' tomato with the use of ultraviolet radiation (UVC)

André José de Campos¹, Rogério Lopes Vieites², Leandro Carmago Neves^{3*}, Marcela Liege da Silva Moura⁴, Elias Ariel de Moura⁵, Kaio Gandhi Mattos De Araújo Correio⁵

Resumo: O tomate se deteriora facilmente em pós-colheita, até mesmo quando submetido à refrigeração. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de radiação ultravioleta (UV-C) em diferentes tempos de conservação de tomates 'Pitenza' refrigerados. Os frutos foram colhidos e imediatamente transportados ao laboratório, onde foram mantidos a 12 ± 1 °C, por 12 horas. Posteriormente, os frutos foram padronizados, sendo submetidos às doses de radiação UV-C 0 (controle); 2,27; 4,54 e 7,19 kJ m⁻² e armazenados sob refrigeração a 12 ± 1 °C e 90-95% de UR, por 21 dias. Realizaram-se análises a cada 7 dias, em um período de 21 dias, quanto ao potencial hidrogeniônico, ácido ascórbico, peroxidase, licopeno e lipoxigenase. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4 (dose x tempo), com 3 repetições. Na atividade enzimática, bem como nos teores de licopeno e ácido ascórbico, não foi verificada a ocorrência da interação entre os fatores dose x tempo, somente sendo evidenciada a diferença estatística nas doses de radiação. Ao final, observou-se que os frutos submetidos às doses de 2,27 e 4,54 kJ m⁻² demonstraram efeito positivo da radiação UV-C sobre a qualidade dos tomates.

Palavras-chave: Radiação, *Solanum lycopersicum*, Pós-colheita.

Abstract: The tomato easily deteriorates post-harvest, even under refrigeration. The aim of this work therefore was to evaluate the effect of levels of ultraviolet radiation (UVC) for different periods of storage, on refrigerated 'Pitenza' tomatoes. The fruit were harvested and immediately transported to the laboratory where they were kept at 12 ± 1 °C for 12 hours. The fruit were sorted, and later subjected to levels of UVC radiation: 0 (control), 2.27, 4.54 and 7.19 kJ m⁻². They were then stored under refrigeration at 12 ± 1 °C and 90-95% RH for 21 days. Every 7 days for a period of 21 days, an analysis was made of the hydrogen ion potential, ascorbic acid, peroxidase, lycopene and lipoxigenase. The experimental design was completely randomised, in a 4x4 factorial (level x time), with three replications. For enzyme activity, as well as for lycopene and ascorbic acid levels, no interaction was seen between the factors level x time, with a statistical difference only being noted for the level of radiation. By the end, it could be seen that fruits submitted to levels of 2.27 and 4.54 kJ m⁻² displayed a positive effect on the quality of the tomatoes from the UVC radiation.

Key words: Radiation, *Solanum lycopersicum*, Postharvest.

*Autor para correspondência

Enviada para publicação em 07/10/2014 e aprovado em 18/05/2015

¹Professor Doutor do Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Goiás – CCET, Anápolis-GO, andre.jose@ueg.br;

²Professor Titular do Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu-SP, vieites@fca.unesp.br;

³Professor Doutor do Departamento de Fitotecnia – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Roraima, Km 12 BR174 s/nº, CEP 69301-970, Boa Vista/RR, rapelbtu@gmail.com;

⁴Doutoranda do Curso de Biodiversidade e Conservação da Amazônia – Rede Bionorte, Boa Vista/RR, marcelaliege@yahoo.com.br

⁵Graduando em Agronomia, Departamento de Fitotecnia – Centro de Ciências Agrária, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista/RR, eliasariel90@gmail.com;

INTRODUÇÃO

Os tomates (*Solanum lycopersicum*) são caracterizados pelo elevado conteúdo em água, apresentando também forte tendência à perda de massa fresca, que causa o murchamento e o enrugamento dos frutos após a colheita, isso os tornam suscetíveis à invasão por microrganismos e a lesões por danos mecânicos (NUEZ, 2001). Quanto ao conteúdo nutricional, o tomate é constituído por aproximadamente 94,5% de água, sendo fonte de vitaminas A, C e E, bem como de minerais como potássio, fósforo e cálcio, além de carotenóides (licopeno e β -caroteno) e de compostos fenólicos (CANENE-ADAMS *et al.*, 2005).

Além disso, outros fatores também podem incidir sobre a qualidade dos tomates, tais como os biológicos ou intrínsecos ao fruto (atividade respiratória, produção de etileno, mudanças na composição e danos internos), assim como fatores ambientais (temperatura, umidade relativa, composição da atmosfera e concentração de etileno) (NUEZ, 2001). Por isso, tem-se dado especial atenção à conservação pós-colheita de frutos e hortaliças, visto que as perdas de produtos hortícolas, devido a danos na cadeia entre o produtor e o consumidor, são estimadas em cerca de 30 a 40% (BARCHI *et al.*, 2002).

Uma das formas de reduzir essas perdas pós-colheita é o uso da radiação ultravioleta (UV). A radiação ultravioleta é um componente importante na conservação de frutas e hortaliças. Os comprimentos de onda mais longos denominam-se como 'UV germicida', pois seu efeito germicida encontra-se na faixa de 200 a 300 nm, com maior eficiência no comprimento de onda de 254 nm (OLIVEIRA, 2003), sendo classificada como UV-C (CIA *et al.*, 2009). Suas vantagens são: custo relativo, simplicidade de implantação e operação (MANZOCCO *et al.*, 2011), baixo tempo de contato e não produção de resíduo tóxico (OLIVEIRA, 2003).

Também existem outras vantagens que o tratamento com radiação UV-C apresenta, sendo uma dessas vantagens o fato de não haver restrições legais de uso (KEYSER *et al.*, 2008). Segundo Stevens *et al.* (2004), a utilização de doses reduzidas de UV-C tem proporcionado reduções na incidência e severidade de doenças pós-colheita, além de efeitos fisiológicos em tecidos vegetais, como o retardo de algumas mudanças associadas ao amadurecimento e redução das desordens fisiológicas.

Geralmente, a incidência de UV-C é considerada como prejudicial, no sentido de poder causar danos visuais, como mudanças da coloração característica dos frutos. Contudo, sob doses reduzidas, pode induzir efeitos benéficos, fenômeno conhecido como 'hormesis', que diz respeito à estimulação de respostas benéficas por níveis baixos dos estressores, que são de outras maneiras prejudiciais. A diminuição dos efeitos benéficos da UV-C pode estar correlacionada com a idade da planta,

resistência fitopatológica e ao estágio de amadurecimento (SHAMA; ALDERSON, 2005). Em cenouras, citros e tomates, a aplicação de UV-C induziu resistência aos patógenos durante o armazenamento refrigerado, sendo esses resultados relacionados ao acúmulo de fitoalexinas (MERCIER *et al.*, 2000; CHARLES *et al.*, 2005). Segundo Pan *et al.* (2004), a exposição à UV-C atrasa o amaciamento de morangos, um dos principais fatores determinantes na vida pós-colheita dos frutos.

Nesse contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de doses de radiação ultravioleta (UV-C) em diferentes tempos de conservação de tomates 'Pitenga' armazenados sob refrigeração.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados tomates 'Pitenga' provenientes da região de Cartagena – Espanha. A cultivar comercial Pitenga (longa-vida), de tipo convencional, foi cultivada em estufa, sob o clima mediterrâneo de Mazarrón (Murcia/Espanha) e colhida no mês de janeiro. A altitude da região de Cartagena é de 0 m, a latitude é de 38° N, a longitude 1° O, a temperatura média anual 18 °C e a precipitação média anual 350 mm. Após a colheita, os tomates foram imediatamente transportados ao Laboratório de Postrecolección y Refrigeración do Departamento de Ciencia y Tecnología Agrária – Universidad Politécnica de Cartagena/Espanha, onde foram pré-resfriados a 12 °C, por 12 horas. Posteriormente, os frutos foram selecionados quanto ao tamanho e aos aspectos visuais (injúrias e defeitos), visando uniformizar o lote.

Destacam-se os seguintes tratamentos aos quais os tomates 'Pitenga' *in natura* foram submetidos, visando quantificar o efeito da radiação ultravioleta (UV-C): 0 (controle); 2,27 (1 min); 4,54 (2 min) e 7,19 kJ m⁻² (3 min 10 seg). A radiação UV-C foi aplicada sobre uma rede de nylon à distância fixa de 15 cm, tanto pela parte superior quanto pela inferior, no protótipo construído pelo Grupo de Postrecolección y Refrigeración do Departamento de Ciencia y Tecnología Agrária – Universidad Politécnica de Cartagena/Espanha. Esse equipamento consta de duas bancadas de aço inoxidável com dezoito refletores que suportam lâmpadas germicidas sem filtro (TUV 36W/G36 T8, Philips, Holanda). Uma bancada foi suspensa horizontalmente sobre o suporte dos produtos a radiar, enquanto a outra foi colocada abaixo desse. As doses foram reguladas com a distância entre as bancadas e o suporte dos produtos e o tempo de exposição, e foram determinadas com auxílio do radiômetro (VLX 254 Vilber Lourmat, Marne la Vallée, France).

Após os tomates serem submetidos aos tratamentos, foram armazenados sob refrigeração, a 12 ± 1°C e 90-95% de UR, em câmara frigorífica, por 21 dias. Utilizaram-se 144

tomates, sendo 36 por dia de análise e 9 por tratamento. As análises químicas e enzimáticas para os tomates 'Pitenga' foram realizadas a cada 7 dias, num período de 21 dias (0, 7, 14 e 21 dias), segundo as variáveis elencadas a seguir:

Potencial hidrogeniônico (pH): foi realizado por potenciometria, utilizando-se o potenciômetro Analyser, modelo pH 300, conforme técnica descrita por IAL (2008).

Ácido ascórbico: realizado pelo método colorimétrico com 2,4-dinitrofenilhidrazina, segundo IAL (2008), e os resultados expressos em $\mu\text{g g}^{-1}$ peso fresco.

Peroxidase: determinado espectrofotometricamente, seguindo a metodologia descrita por Imberty *et al.* (1984), que utiliza como substrato o TMB (3,3',5,5'-tetramethyl benzidine).

Teor de licopeno: a medida do licopeno foi determinada espectro fotometricamente, segundo a metodologia descrita por Davuluri *et al.* (2005), na qual os resultados foram expressos em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ massa fresco.

Enzimas pró-oxidantes: o ensaio cinético da atividade da lipoxigenase foi realizado, segundo o protocolo descrito por Shook *et al.* (2001), em meio de reação composto por 1 parte de solução de substrato e 25 partes de tampão fosfato potássico 200 mM pH 6,5. A solução de substrato foi composta por 7,5 mM de ácido linoleico e 0.5% (p/v) de Tween 20. A 2,5 mL desse meio de reação, adicionaram-se 0,1 - 0,5 mL de extrato enzimático e as mudanças na absorbância se registraram a 234 nm durante 3 min, a 30 °C.

Feita a análise exploratória dos dados, constatou-se que esses seguiram distribuição normal, enquanto os erros foram independentes e apresentam homocedasticidade

de variâncias. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e os dados encontrados avaliados pela análise de regressão. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, seguindo esquema fatorial 4x4 (dose x tempo de armazenamento), com 3 repetições e 3 unidades amostrais por repetição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Potencial hidrogeniônico

De acordo com o pH, observou-se que houve interação significativa entre os fatores dose x tempo (Figura 1). Os frutos submetidos à dose $4,54 \text{ kJ m}^{-2}$ apresentaram comportamento constante de elevação quanto ao pH, que também se mostrou superior aos demais frutos em todos os dias de avaliação. Comportamento semelhante foi observado para os frutos submetidos à dose de $7,19 \text{ kJ m}^{-2}$, porém apresentando valores comparativamente inferiores.

Já os frutos controle, não submetidos à dose de radiação, apresentaram padrão totalmente inverso aos demais tratamentos, nos quais o pH foi constantemente decrescente durante o período de avaliação, evidenciando o acelerado estágio de amadurecimento dos frutos. Contudo, a avaliação das doses de radiação UV-C dentro dos dias de análise (0, 7, 14 e 21 dias) permitiu verificar que o tratamento $2,27 \text{ kJ m}^{-2}$ apresentou os menores valores de pH, apesar dos constantes incrementos durante todo o período avaliado,

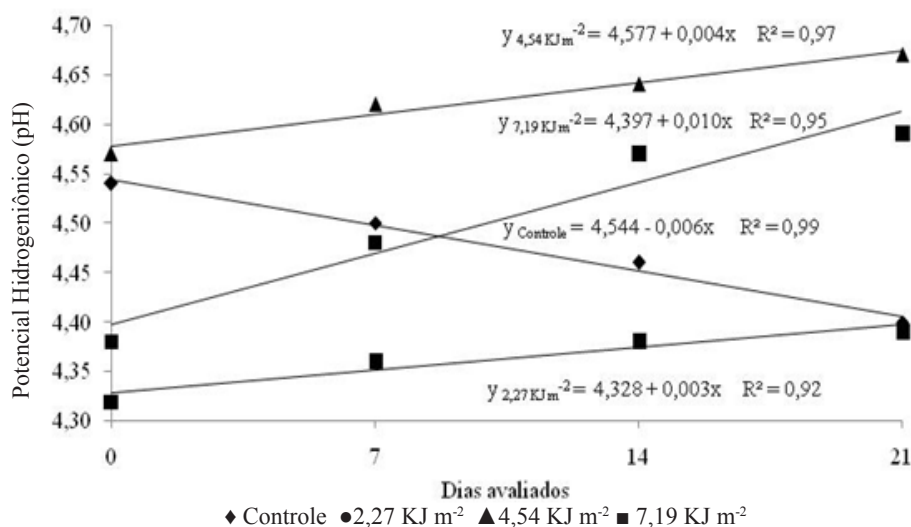


Figura 1 – Potencial Hidrogeniônico (pH) em tomates 'Pitenga' irradiados com UV-C e armazenados a $12 \pm 1^\circ\text{C}$ e 90-95% UR, por 21 dias.

Figure 1 – Hydrogen ion potential (pH) in 'Pitenga' tomatoes irradiated with UVC and stored at $12 \pm 1^\circ\text{C}$ and 90-95% RH for 21 days.

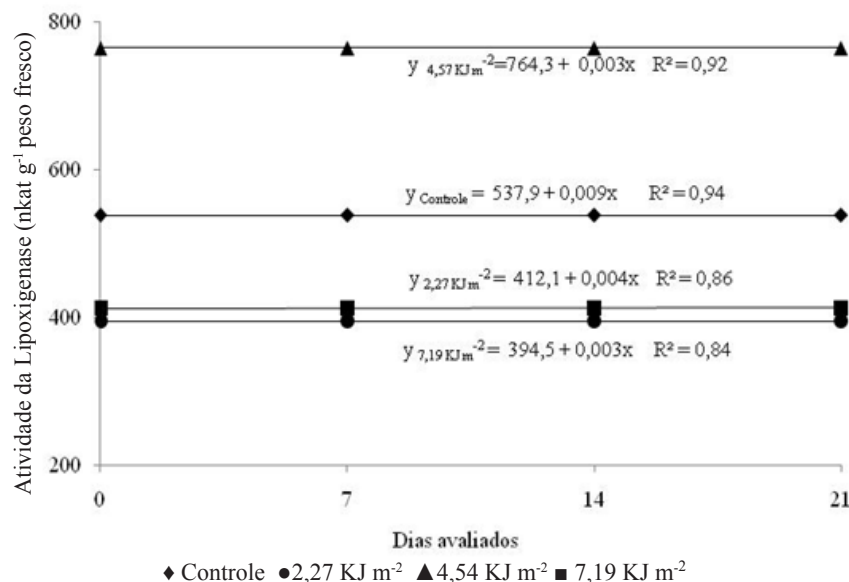


Figura 2 – Atividade da Lipoxigenase (nkat g⁻¹ peso fresco) em tomates 'PitENZA' irradiados com UV-C e armazenados a 12 ± 1 °C e 90-95% UR, por 21 dias.

Figure 2 – Lipoxygenase activity (nkat g⁻¹ fresh weight) in 'PitENZA' tomatoes irradiated with UVC and stored at 12 ± 1°C and 90-95% RH for 21 days.

reportando que baixas doses de radiação ultravioleta podem promover efeitos benéficos ao fruto (SHAMA; ALDERSON, 2005); isso proporciona condições ideais para a melhor conservação dos tomates, supostamente prolongando seu período de vida-útil.

Os resultados apresentados são concordantes aos explicitados por Charles *et al.* (2005), que observaram aumento significativo no pH dos frutos de tomate 'Trust', tratados com UV, a partir do quarto dia de armazenamento.

Os valores médios de pH deste experimento variaram de 4,36 a 4,62. De modo geral, o pH em tomates varia de 4,0 a 4,6 nos frutos maduros e entre 4,5 e 5,2 nos frutos amadurecidos (CHYAU *et al.*, 1992), dados esses concordantes aos aqui apresentados.

Atividade da lipoxigenase

Em relação à atividade da lipoxigenase, verificou-se a não ocorrência da interação dupla, significativa entre os fatores dose x tempo, evidenciando somente diferença estatística entre as doses de radiação UV-C (Figura 2).

Dentre os tratamentos testados, assim como o pH, ficou evidenciado que a dose 4,54 kJ m⁻² proporcionou a maior atividade da lipoxigenase nos tomates. Contudo, diferentemente do pH, para os frutos de todos os tratamentos, não foi verificado incremento significativo durante o tempo de armazenamento refrigerado. Nesse sentido, acredita-se que esses frutos apresentariam maior eficiência no controle microbiológico, visto que as lipoxigenases estão presentes em inúmeros processos fisiológicos do fruto, principalmente

quanto aos mecanismos de defesa (BATISTA *et al.*, 2002). Dados esses concordantes com González-Aguilar *et al.* (2007), que também não verificaram mudanças significativas na atividade da lipoxigenase em mangas ao longo do armazenamento, utilizando-se doses de radiação entre 2,46 e 4,93 kJ m⁻². Analisando esses resultados, pode-se condicionar o efeito da radiação nos tecidos vegetais ao tipo de alimento a ser irradiado, bem como à composição química, à dose a ser aplicada e ao tempo de exposição do alimento à fonte irradiadora (VIEITES, 1998). Da mesma maneira, podem-se associar outros fatores, como o tipo do tecido, a porção da célula exposta ao processo, o volume nuclear, a idade das células irradiadas, o conteúdo de água presente nas células e as condições de temperatura, luminosidade e umidade relativa do ar antes e, principalmente, durante e depois do processo de radiação (NEVES *et al.*, 2002).

Resultados intermediários foram observados nos frutos controle, enquanto que os frutos submetidos à dose de 2,27 e 7,19 kJ m⁻² apresentaram a menor atividade da lipoxigenase ao longo do período de armazenamento refrigerado, ambos diferindo estatisticamente quando comparados aos frutos expostos a radiação na dose de 4,54 kJ m⁻².

Atividade da peroxidase, teor de licopeno e de ácido ascórbico

Quanto a atividade da peroxidase e os teores de licopeno e ácido ascórbico, descritos na Figura 3, não foi verificado a ocorrência da interação dupla significativa entre os

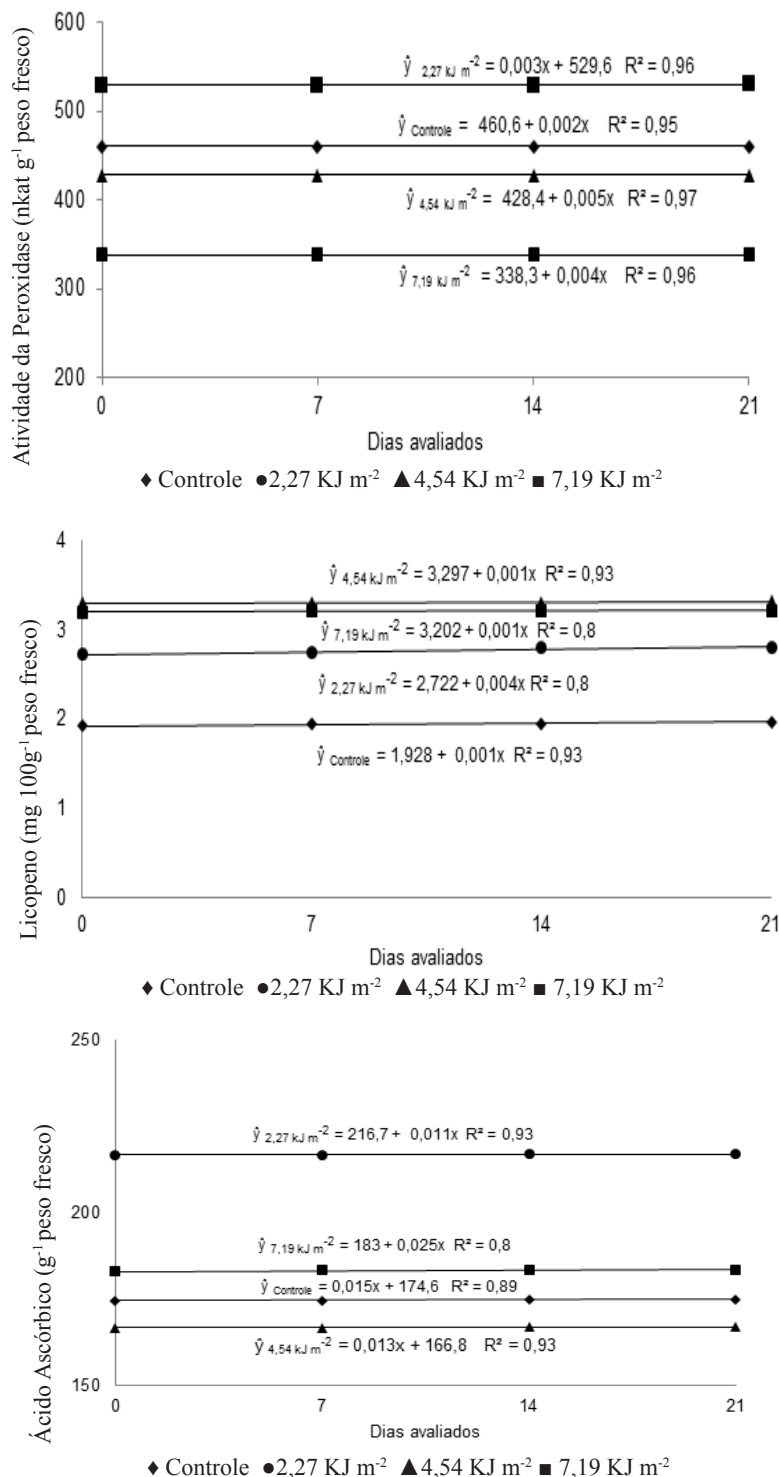


Figura 3 (A, B e C) – Atividade da Peroxidase (nkat g⁻¹ peso fresco), teor de licopeno (mg 100g⁻¹ peso fresco) e de ácido ascórbico (µg g⁻¹ peso fresco) em tomates ‘Pitenga’ irradiados com UV-C e armazenados a 12 ± 1 °C e 90-95% UR, por 21 dias.

Figure 3 (A,B and C) – Peroxidase activity (nkat g⁻¹ fresh weight), lycopene content (mg 100 g⁻¹ fresh weight) and ascorbic acid content (mg g⁻¹ fresh weight) in ‘Pitenga’ tomatoes irradiated with UVC and stored at 12 ± 1°C and 90-95% RH for 21 days..

fatores dose x tempo, somente sendo observado a diferença estatística para as doses de radiação.

Na avaliação da atividade da peroxidase, observou-se que os tomates submetidos ao tratamento com a dose 2,27 kJ m⁻², além de não apresentarem modificações significativas ao longo do período de avaliação, apresentaram a maior atividade quando em comparação aos frutos nos demais tratamentos. Contudo, quando utilizadas as doses 7,19 e 4,54 kJ m⁻², os frutos apresentaram atividade reduzida dessa enzima, o que pode ser considerado como satisfatório, visto que a peroxidase pode acelerar processos bioquímicos relacionados a degradação celular oxidativa. Desse modo, avaliando o efeito dessas doses, especificamente, pode-se afirmar que esses resultados estão de acordo com o relato de Costa *et al.* (2006), que também constataram os maiores valores de atividade de peroxidase para os frutos controle.

A constatação de que a atividade da peroxidase manteve-se praticamente constante do dia inicial até o final dos trabalhos, em todos os tratamento testados, discorda dos trabalhos realizados por Yahia *et al.* (2007), onde observou-se que a atividade da peroxidase diminuiu nos frutos de tomate ao longo das 4 semanas de armazenamento. Para esses autores, o tempo de armazenamento, a temperatura de armazenamento, o tratamento testado e as interações têm efeito significativo na atividade da peroxidase.

No presente trabalho, os tratamentos 7,19 e 4,54 kJ m⁻² de UV-C promoveram efeito significativo na atividade enzimática, para as condições desse experimento, fato esse também verificado por Barka *et al.* (2000), em que foi constatado que a radiação UV - C diminuiu a atividade das enzimas envolvidas na degradação da parede celular do tomate e retardou o amolecimento dos frutos.

Quanto ao conteúdo de licopeno nos tomates 'Pitenga', verificou-se, a partir da aplicação das diferentes doses de radiação UV-C, as maiores concentrações desse carotenóide em comparação aos frutos controle. Observou-se também que a dose 4,54 kJ m⁻² proporcionou as maiores concentrações de licopeno nos frutos, seguido das doses de 7,19 e 2,27 kJ m⁻². Isso pode ser considerado como favorável, pois o aumento da concentração do licopeno em frutos maduros pode estar associado à ação anticarcinogênica nos tecidos celulares humanos (TAPIERO *et al.*, 2004).

Nesse sentido, Liu *et al.* (2009), avaliando a exposição de tomates à luz do sol e a UV-C durante a pós-colheita, não verificaram modificação da concentração de licopeno durante os quatro primeiros dias de armazenamento. Entretanto, entre 4 e 21 dias, a concentração de licopeno aumentou nos frutos submetidos à radiação UV-C, confirmando os dados

aqui obtidos. Contudo, mesmo sendo detectado o aumento benéfico da concentração de licopeno nos frutos submetidos à radiação UV-C, pressupõe-se que esse aumento não influenciou no amadurecimento dos frutos de tomates.

Assim como mencionado, verificou-se que a radiação UV-C não promoveu efeito positivo na manutenção do licopeno ao longo do período de avaliação. Comportamento inverso ao descrito por Malacrida *et al.* (2006), que relataram a diminuição no acúmulo de licopeno durante o amadurecimento normal de tomates 'Micro-Tom'. Nesse contexto fica clara a ação da radiação UV-C na manutenção da síntese de licopeno, observando que todos os frutos submetidos a radiação apresentaram concentrações mais elevadas em comparação aos frutos controle.

Quanto ao teor de ácido ascórbico, observou-se que a dose 2,27 kJ m⁻² proporcionou resultados significativos e superiores aos demais tratamentos. Resultados intermediários foram observados para frutos tratados com 7,19 e 4,54 kJ m⁻² e para frutos controle, somente submetidos ao armazenamento refrigerado. Entretanto, todos os resultados apresentados para o teor ácido ascórbico nos frutos trabalhados no presente experimento encontraram-se entre 167,00 e 216,93 µgg⁻¹ peso fresco, sendo superiores ao encontrado por Castro *et al.* (2007). Esses resultados são considerados importantes, pois o ácido ascórbico, além das propriedades nutracêuticas já conhecidas, pode também atuar como agente antioxidante, contribuindo positivamente na preservação da qualidade durante a pós-colheita dos frutos (NEVES *et al.*, 2008).

CONCLUSÃO

Apesar da pequena variação quanto aos resultados apresentados para as características avaliadas, nas condições experimentais testadas, a radiação UV-C nas doses 2,27 e 4,54 kJ m⁻² são as mais indicadas para a manutenção da qualidade do tomate 'Pitenga', resultados positivos para aumento da atividade da lipoxigenase e manutenção das concentrações em níveis satisfatórios do licopeno e do ácido ascórbico nos tomates.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida durante o Doutorado.

LITERATURA CIENTÍFICA CITADA

- BARCHI, G. L.; BERARDINELLI, A.; GUARNIERI, A.; RAGNI, L.; TOTARO FILA, C. Damage toluquats by vibration-simulating intra-state transport. **Biosystems Engineering**, v. 82, p. 305–312, 2002.
- BARKA, E.A.; KALANTARI, J.; MAKHLOUF, J.; ARUL, J. Impact of UV-C illumination on the cell wall-degrading enzymes during ripening of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 48, p. 667–671, 2000.
- BATISTA, R. B.; OLIVEIRA, A. M. G.; PIRES, C. P.; PIOVESAN, N. D.; REZENDE, S. T.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica e cinética de lipoxigenases de plantas de soja submetidas à aplicação de ácidos graxos poliinsaturados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1517- 1524, 2002.
- CANENE-ADAMS, K.; CAMPBELL, J. K.; ZARIPHEH, S.; JEFFERY, E. H.; ERDMAN, J. W. Jr. The tomato as a functional food. **The Journal of Nutrition**, v. 135, p. 1226-1230, 2005.
- CASTRO, S. M.; SARAIVA, J. A.; LOPES-DA-SILVA, J. A.; DELGADILLO, I.; LOEY, A.V.; SMOUT, C. Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). **Food Chemistry**, v. 107, p. 1436-1449, 2007.
- CHARLES, M. T.; KALANTARI, R.; CORCUFF, R.; ARUL, J. Postharvest quality and sensory evaluation of uv-treated tomato fruit. **Acta Horticulturae**, v. 682, p. 537-542, 2005.
- CHYAU, C. C.; CHEN, S. Y.; WU, C. M. Differences of volatile and nonvolatile constituents between mature and ripe guava (*Psidium guajava* Linn.) fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 40, p. 846-849, 1992.
- CIA, P.; BENATO, E. P.; VALENTINI, S. T. V.; ANJOS, V. D. A.; PONZO, F. S.; SANCHES, J.; TERRA, M. T. Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em uva 'niagara rosada'. **Bragantia**, v. 68, p. 1009-1015, 2009.
- COSTA, L.; VICENTE, A. R.; CIVELLO, P. M.; CHAVES, A. R.; MARTÍNEZ, G. A. UV-C treatment delays postharvest senescence in broccoli florets. **Postharvest Biology and Technology**, v.39, p.204-210, 2006.
- DAVULURI, G. R.; TUINEN, A.; FRASER, P. D. Fruit-specific RNAi-mediated suppression of DET1 enhances carotenoid and flavonoid content in tomatoes. **Nature Biotechnology**, v. 23, p. 890-895, 2005.
- GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; ZAVALA-GATICA, R.; TIZNADO-HERNÁNDEZ, M. E. Improving postharvest quality of mango 'Haden' by UV-C treatment. **Postharvest Biology and Technology**, v. 45, p. 108-116, 2007.
- IMBERTY, A.; GOLDBERG, R.; CATESSON, A. M. Tetramethylbenzidine and ρ -phenylenediamine-pyrocatechol for peroxidase histochemistry and biochemistry: two new, non-carcinogenic chromogens for investigating lignification process. **Plant Science Letters**, v. 35, p. 103-108, 1984.
- KEYSER, M.; MÜLLER, I. A.; CILLIERS, F. P.; NEL, W.; GOUWS, P.A. Ultraviolet radiation as non-thermal treatment for inactivation of microorganisms in fruit juice. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 9, p. 348–354. 2008.
- LIU, L. H.; ZABARAS, D.; BENNETT, L. E.; AGUAS, P.; WOONTON, B. W. Effects of UV-C, red light and sun light on the carotenoid content and physical qualities of tomatoes during post-harvest storage. **Food Chemistry**, v. 115, p. 495-500, 2009.
- MALACRIDA, C.; VALE, E. M.; BOGGIO, S. B. Postharvest chilling induces oxidative stress response in the dwarf tomato cultivar Micro-Tom. **Physiologia Plantarum**, v. 127, p. 10-18, 2006.
- MANZOCCO L.; PIEVE, S.; BERTOLINI, A.; BARTOLOMEOLI, I.; MAIFRENI, M.; VIANELLO, A.; NICOLI, M.C. Surface decontamination of fresh-cut apple by UVC light exposure: effects on structure, colour and sensory properties. **Postharvest Biology and Technology**, v. 6, p. 165-171. 2011.
- MERCIER, J.; ROUSSEL, D.; CHARLE, M. T.; ARUL, J. Systemic and local responses associated with UV-induced and pathogen-induced resistance to *Botrytis cinerea* in stored carrot. **Phytopathology**, v. 90, p. 981-986, 2000.
- NEVES, L. C. BENEDETTE, R. M.; SILVA, V. X. DA; VIEITES, R. L.; ROBERTO, S. R. Dano de frio em limas-ácidas Tahiti, colhidas em diferentes épocas e submetidas a tratamentos térmicos e bioquímicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, p. 337-384, 2008.

- NEVES, L. C.; MANZIONE, R. L.; VIEITES, R. L. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus persica* var. *nucipersica*) frigoconservada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, p. 676-679, 2002.
- NUEZ, F. Criterios de calidad e índices de madurez. In: NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. Madri: Mundi-Prensa, 2001. p.591-623.
- OLIVEIRA, E. C. M. de. **Desinfecção de efluentes sanitários tratados através da radiação ultravioleta**. 2003. 97 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2003.
- PAN, J.; VICENTE, A. R.; MARTÍNEZ, G. A.; CHAVES, A. R.; CIVELLO, P. M. Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 84, p. 1831–1838, 2004.
- SHAMA, G.; ALDERSON, P. UV hormesis in fruits: A concept ripe for commercialization. **Trends in Food Science and Technology**, v.16, p.128-136, 2005.
- SHOOK, C. M.; SHELLHAMMER, T. H.; SCHWARTZ, S. J. Polygalacturonase, pectinesterase, and lipoxygenase activities in high-pressure-processed diced tomatoes. **Journal of Agricultura and Food Chemistry**, v. 49, p. 664-668, 2001.
- STEVENS, C.; LIU, J.; KHAN, V. A.; LU, J. Y.; KABWE, M. K.; WILSON, C. L.; IGWEGBE, E.C.K.; CHALUTZ, E.; DROBY, S. The effects of low-dose ultraviolet light-C treatment on polygalacturonase activity, delay ripening and Rhizopus soft rot development of tomatoes. **Crop Protection**, v. 23, p. 551-554, 2004.
- TAPIERO, H.; TOWNSEND, D. M.; TEW, K. D. The role of carotenoids in the prevention of human pathologies. **Biomedicine Pharmacotherapy**, v. 58, p. 100-110, 2004.
- VIEITES, R. L. **Conservação pós-colheita de tomate através do uso da radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente**. 1998. 131 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1998.
- YAHIA, E. M. SOTO-ZAMORA, G.; BRECHT, J. K.; GARDEA, A. Postharvest hot air treatment effects on the antioxidant system in stored mature-green tomatoes. **Postharvest Biology Technology**, v. 44, p. 107-115, 2007.
- ZENEBO, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. (Org.). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008, 1020 p.