

## Armazenamento sob atmosfera controlada de tomates com injúria interna de impacto

Celso Luiz Moretti<sup>1</sup>, Steven A. Sargent<sup>2</sup>; Donald J. Huber<sup>2</sup>, Rolf Puschmann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70.359-970 Brasília-DF; E-mail: celso@cnph.embrapa.br; <sup>2</sup>Universidade da Flórida, Gainesville, EUA, 32.611; <sup>3</sup>Universidade Federal de Viçosa, 36.571-000 Viçosa-MG

### RESUMO

A injúria interna de impacto causa redução significativa da qualidade de frutos de tomate. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização do armazenamento sob atmosfera controlada na redução do desenvolvimento de uma desordem de amadurecimento conhecida como injúria interna de impacto. Tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill), cv. Solimar, foram colhidos no estágio de amadurecimento verde-maduro e tratados com etileno, por 12 horas, a 20°C. Ao atingirem o estágio verde-rosado, sofreram uma queda de 40 cm de altura sobre uma superfície plana, lisa e maciça. Metade dos frutos foi então armazenada sobre atmosfera controlada (3% O<sub>2</sub>; 4% CO<sub>2</sub>; balanço com N<sub>2</sub>) por 8 dias a 20°C e 85-95% de umidade relativa, e então foram transferidos para atmosfera ambiente até completamente maduros. A outra metade dos frutos foi mantida continuamente em atmosfera ambiente à mesma temperatura e umidade relativa. Quando estavam completamente maduros, os frutos que sofreram injúria mecânica, armazenados sob atmosfera controlada e sob atmosfera ambiente, desenvolveram sintomas de injúria interna de impacto no tecido locular. O armazenamento sob atmosfera controlada não produziu efeitos significativos no conteúdo de vitamina C total e carotenóides totais para o pericarpo e o tecido locular injuriados. Entretanto, o tecido locular injuriado do tratamento armazenado sob atmosfera controlada possuía acidez titulável 15% superior (ao redor de 162 meq ácido cítrico. kg<sup>-1</sup>) do que o tratamento sob atmosfera ambiente (ao redor de 140 meq ácido cítrico. kg<sup>-1</sup>) e era similar ao tratamento não injuriado, armazenado em atmosfera ambiente (ao redor de 174 meq ácido cítrico. kg<sup>-1</sup>). O tecido pericárpico da região injuriada possuía atividade da poligalacturonase similar para os tratamentos armazenados sob ar ou sob atmosfera controlada. O extravasamento de eletrólitos do pericarpo injuriado foi similar para os tratamentos sob atmosfera ambiente e atmosfera controlada (ao redor de 50%) e de cerca de 40% para os tecidos não-injuriados em ambos os tratamentos de armazenamento. A utilização de armazenamento sob atmosfera controlada não retardou ou impediu as alterações de qualidade observadas, nas condições experimentais, de frutos submetidos a injúrias mecânicas de impacto.

**Palavras-chave:** *Lycopersicon esculentum*, extravasamento de eletrólitos, injúria mecânica, poligalacturonase, pós-colheita, qualidade.

### ABSTRACT

#### Controlled atmosphere storage of tomato fruit with internal bruising

The present work was carried out to evaluate the application of delayed ripening (employing controlled atmosphere (CA) storage) to minimize or alleviate the development of the ripening disorder known as internal bruising. Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) fruits, cv. Solimar, were harvested at the mature-green stage and gassed with 100 mL.L<sup>-1</sup> of ethylene at 20°C to screen out immature-harvested fruits. Breaker stage tomatoes were either dropped from a 40 cm height to induce internal bruising or not dropped. Half of the two treatments was stored in CA (3% O<sub>2</sub>; 4% CO<sub>2</sub>; balance N<sub>2</sub>) for 8 days at 20°C and 85-95% relative humidity, then transferred to air until completely ripe. The other tomatoes were stored continuously in air at the same temperature and RH. At the ripe stage, dropped tomatoes from CA or continuous air treatments developed visible symptoms of internal bruising in locule tissues. The ripening treatments did not have significant differences in vitamin C, or total carotenoids for bruised locule or pericarp tissues. However, bruised locule tissue from CA storage had titratable acidity 15% higher (about 162 meq citric acid. kg<sup>-1</sup>) than air storage (about 140 meq citric acid kg<sup>-1</sup>), and was similar to air-stored, unbruised locule tissue (about 174 meq citric acid kg<sup>-1</sup>). Pericarp tissue from the impacted region had similar PG activity for CA or air treatments. Electrolyte leakage of bruised, pericarp tissue was similar for CA and air storage (about 50%) and about 40% for unbruised tissues from either storage treatment. Controlled atmosphere storage was not an effective way of delaying or alleviating changes in quality observed in bruised tomato fruits.

**Keywords:** *Lycopersicon esculentum*, electrolyte leakage, mechanical injury, polygalacturonase, postharvest, quality, storage.

(Recebido para publicação em 19 de dezembro de 2000 e aceito em 27 de março de 2002)

A injúria interna de impacto é uma desordem fisiológica causada por impactos físicos durante as etapas de manuseio pós-colheita de tomates. Está associada com a alteração do curso normal do amadurecimento causando alterações visuais, químicas, físicas e sen-

soriais significativas (Moretti *et al.*, 1998; Moretti & Sargent, 2000). Halsey (1955) observou que tomates com injúria interna de impacto não apresentavam alterações externas visíveis, embora apresentassem ruptura celular interna no pericarpo radial e no tecido locular.

Diversos fatores como a variedade, a energia do impacto e o número de impactos estão associados com o desenvolvimento da injúria interna de impacto. Sargent *et al.* (1992) observaram que a injúria interna de impacto é cumulativa durante as operações de manuseio e

MacLeod *et al.* (1976) verificaram que o aumento do número de impactos aumentava a evolução de gás carbônico e etileno. Moretti *et al.* (1998) observaram que tomates injuriados mostraram aumento da atividade da enzima poligalacturonase e do extravasamento de eletrólitos no pericarpo de frutos injuriados e redução do teor de vitamina C total, carotenóides totais e acidez titulável no tecido locular injuriado. Estes mesmos autores verificaram que o tecido placentário não havia sido afetado, sugerindo que o amadurecimento anormal estava restrito aos tecidos pericárpico e locular. Tomates injuriados também possuíam menor aceitação por parte dos consumidores indicando que, além da qualidade, a injúria interna de impacto modificava o sabor e aroma de tomates com esta desordem fisiológica (Moretti & Sargent, 2000).

Apesar de extensivamente estudado, existem raros trabalhos que propõem alternativas para evitar ou reduzir os efeitos indesejáveis da injúria interna de impacto em frutos de tomate. Kader (1986) assinalou que, provavelmente, o armazenamento sob atmosfera controlada poderia ter efeitos indiretos nas consequências de injúrias físicas, reduzindo o desenvolvimento dos sintomas indesejáveis.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar-se a utilização do armazenamento sob atmosfera controlada na redução do desenvolvimento da desordem de amadurecimento conhecida como injúria interna de impacto.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material vegetal

Tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cv. Solimar, foram colhidos no estádio verde-maduro (100% da superfície do fruto com coloração verde) (USDA, 1985), na segunda quinzena de março, em Bradenton (EUA) em 1997. Após a colheita, os frutos foram colocados em bandejas de isopor, com células de 80 x 80 mm, da marca Niles Packaging (Niles, MI) para evitar-se injúrias mecânicas, transportados no mesmo dia para o laboratório de pós-colheita da Universidade da Flórida

(Gainesville, EUA), selecionados para danos externos e classificados por tamanho (diâmetro médio de 72±4 mm) e massa (140±10 g).

### Tratamento com etileno, dano mecânico e armazenamento sob atmosfera controlada

Os frutos foram tratados com etileno (100 mL.L<sup>-1</sup>, a 20°C, por 12 horas) num sistema de fluxo contínuo (50 mL.L<sup>-1</sup>). No estádio verde-rosado (0 a 10% da superfície do fruto com coloração avermelhada ou amarelo-tanino) (USDA, 1985), metade dos frutos (n=80) foi submetida a uma queda de 40 cm de altura sobre uma superfície plana, rígida e lisa. Cada fruto sofreu dois impactos, um sobre cada um dos pontos equidistantes de uma linha equatorial imaginária, tentando-se evitar que o impacto atingisse a parede locular que separa dois lóculos adjacentes. Após o impacto, metade dos dois tratamentos (frutos que sofreram injúria mecânica e frutos não-injuriados) foi armazenada sob atmosfera controlada (3% O<sub>2</sub>; 4% CO<sub>2</sub>; balanço com N<sub>2</sub>) por 8 dias a 20°C e 85-95% de umidade relativa, e então transferidos para o ar e mantidos até completamente maduros. Os demais frutos foram mantidos continuamente sob atmosfera ambiente nas condições de temperatura e umidade relativa descritas anteriormente.

### Análises químicas e físicas

Ao atingirem a maturidade comercial para os padrões de firmeza do mercado americano, os frutos sofreram análises químicas e físicas. O padrão de maturidade comercial é determinado quando tomates vermelhos (100% da superfície do fruto possui coloração vermelha) são colocados sobre uma superfície côncava de borracha e submetidos por 5 segundos a uma força estática de 9,8 N aplicada sobre a região equatorial, através de uma ponta metálica convexa de 11 mm de diâmetro. O padrão é determinado quando os frutos nas condições acima apresentam uma deformação maior ou igual a 3 mm. A firmeza foi medida com um medidor de firmeza do tipo Cornell (Hamson, 1952), adaptado por Gull *et al.* (1980).

Os tecidos pericárpico e locular foram extraídos dos frutos e analisados individualmente para açúcares solúveis

totais, vitamina C total, carotenóides totais e acidez titulável. O pericarpo foi também analisado para atividade da enzima poligalacturonase e extravasamento de eletrólitos.

Os açúcares solúveis totais foram determinados de acordo com Dubois *et al.* (1956). A análise de vitamina C total foi conduzida segundo o protocolo definido por Terada *et al.* (1978). O teor de carotenóides totais foi determinado de acordo com Umiel & Gabelmann (1971) e Lime *et al.* (1957). Para a determinação da acidez total titulável, 40 g de tecido fresco foram homogeneizados num liquidificador caseiro em alta velocidade e centrifugadas a 18.000 g por 20 minutos (Rotor JA-20, Beckmann Instruments, EUA). Aliquotas de 6 mL do sobrenadante foram diluídas em 50 mL de água deionizada e tituladas com solução de NaOH 0,1 N até pH 8,2, onde se certificou que todos os ácidos orgânicos haviam sido titulados. A quantidade de NaOH consumida foi convertida em miliequivalentes de ácido cítrico por kg de matéria fresca (mL NaOH x 0,1N x 0,064).

O extravasamento de eletrólitos foi determinado de acordo com Whitlow *et al.* (1992) e a atividade extraível da enzima poligalacturonase foi quantificada segundo metodologia descrita por Huber & O'Donoghue (1993).

### Análise estatística

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos, provenientes de um arranjo fatorial 2x2 (frutos com e sem injúria interna de impacto e armazenamento em atmosfera ambiente e controlada) com 4 repetições e 10 frutos por repetição.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Açúcares solúveis totais

Os tecidos pericárpico e locular responderam diferentemente para o armazenamento sob atmosfera controlada (Tabelas 1 e 2). O tecido pericárpico foi significativamente afetado pelo armazenamento sob atmosfera controlada (Tabela 1) enquanto o tecido locular não sofreu alterações significativas (Tabela 2). O tecido pericárpico não-inju-

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do pericarpo de tomates injuriados e não-injuriados (controle), armazenados sob atmosfera ambiente (ar) e atmosfera controlada (AC). Gainesville, EUA, 1997.

Características	Ar		AC	
	Controle	Injuriado	Controle	Injuriado
Açúcares solúveis totais (g.kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	23,20± 0,60b*	23,25± 0,45b	26,92± 0,10a	24,58± 0,80 ab
Vitamina C (g.kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	202,47± 12,25a	176,55± 10,40a	179,20± 10,25a	173,53± 9,60 a
Acidez total titulável (meq ácido cítrico kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	126,42± 8,50a	126,67± 11,80a	140,13± 10,45a	126,63± 8,20a
Carotenóides totais (g.kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	62,20± 1,05ab	63,05± 0,10a	57,39± 4,10 bc	56,27± 1,20c
Atividade da poligalacturonase (μmol AG <sup>**</sup> .kg <sup>-1</sup> Matéria fresca.h <sup>-1</sup> )	477,65± 22,10b	710,65± 11,20a	433,37± 20,50b	705,02± 18,20a
Extravazamento de eletrólitos (% total)	41,92± 1,20b	53,02± 2,50a	41,12± 1,50b	49,68± 3,10a

\* Médias (±DP) seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade. DP = desvio padrão da média.

\*\* AG = ácido galacturônico

**Tabela 2.** Características químicas e físicas do tecido locular de tomates injuriados e não-injuriados (controle), armazenados sob atmosfera ambiente e atmosfera controlada. Gainesville, EUA, 1997.

Características	Ar		AC	
	Controle	Injuriado	Controle	Injuriado
Açúcares solúveis totais (g.kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	10,86± 1,20a*	10,89± 1,30a	11,24± 0,90a	11,16± 1,10a
Vitamina C total (g.kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	197,25± 12,40a	179,30± 10,20a	188,50± 10,60a	196,23± 9,20a
Acidez total titulável (meq ácido cítrico . kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	173,79± 6,80b	140,71± 10,20c	206,13± 8,30a	161,57± 15,20bc
Carotenóides totais (g.kg <sup>-1</sup> Matéria Fresca)	50,69± 2,50a	32,20± 1,05c	45,19± 1,40b	28,23± 1,20d

\* Médias (±DP) seguidas pela mesma letra, na horizontal, não diferem pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade. DP = desvio padrão da média.

riado armazenado sob atmosfera controlada possuía 16% mais açúcares solúveis totais do que o mesmo tecido armazenado sob atmosfera ambiente (Tabela 1). Tais resultados estão de acordo com o que foi observado por Goodenough & Thomas (1981), que verificaram que tomates armazenados em atmosfera controlada por 2 meses a 12,5°C apresentavam maior teor de açúcares solúveis totais do que frutos armazenados pelo mesmo período de tempo, à mesma temperatura, em atmosfera ambiente, ao final do período de armazenamento. Aparentemente, o período de armazenamento utilizado no presente trabalho (8 dias) foi longo o suficiente para produzir tais alterações

no teor de açúcares solúveis totais no tecido pericárpico mas não no tecido locular.

#### Vitamina C total

Tanto o pericarpo (Tabela 1) quanto o tecido locular (Tabela 2) não tiveram os teores de vitamina C total alterados pelas condições de armazenamento sob atmosfera controlada e pela ocorrência da injúria mecânica de impacto. Watada (1987) observou que a degradação de vitamina C é dependente do tipo de produto, temperatura e atmosfera de armazenamento. Ele verificou que a redução da tensão de oxigênio no ambiente de armazenamento retardou a degradação de ácido ascórbico. Entretanto, enfatizou que diferentes espécies res-

pondem diferentemente a distintas combinações de gases.

#### Acidez total titulável

A acidez total titulável do pericarpo não foi significativamente alterada pelo armazenamento sob atmosfera controlada (Tabela 1), enquanto no tecido locular houve aumento da acidez (Tabela 2). O tecido locular injuriado proveniente de frutos armazenados sob atmosfera controlada possuíam acidez total titulável em torno de 15% maior (161,57 meq ácido cítrico.kg<sup>-1</sup> MF) do que os provenientes de frutos armazenados sob atmosfera ambiente (140,71 meq ácido cítrico.kg<sup>-1</sup> MF), e possuíam acidez total titulável similar ao tecido locular não-injuriado, armazenado sob

atmosfera ambiente (173,79 meq ácido cítrico.kg<sup>-1</sup> MF). Esta foi a única variável para a qual o armazenamento sob atmosfera controlada permitiu redução no desenvolvimento da injúria interna de impacto. Ao reduzir a atividade respiratória, o armazenamento sob atmosfera controlada reduz a degradação de ácidos orgânicos no tecido locular, que se mostrou mais sensível ao desenvolvimento desta desordem quando comparado com o pericarpo e o tecido placentário (Moretti *et al.*, 1998). Lau & Looney (1982) verificaram que o armazenamento sob atmosfera controlada (2,5% CO<sub>2</sub>) também reduziu a degradação de ácidos orgânicos em maçãs.

#### Carotenóides totais

O pericarpo (Tabela 1) e o tecido locular (Tabela 2) foram similarmente alterados pelo armazenamento sob atmosfera controlada. Os teores de carotenóides totais para pericarpo e tecido locular foram significativamente reduzidos, tanto para frutos injuriados quanto para os não-injuriados (Tabelas 1 e 2). O pericarpo injuriado armazenado sob atmosfera controlada apresentou 11% menos carotenóides totais do que o pericarpo não-injuriado armazenado sob atmosfera ambiente (Tabela 1). Por outro lado, o tecido locular injuriado armazenado sob atmosfera controlada possuía 12% menos carotenóides do que o mesmo tecido injuriado armazenado sob atmosfera ambiente (Tabela 2). Goodenough & Thomas (1980) observaram que tomates armazenados sob atmosfera controlada (2,5 a 4% O<sub>2</sub>/4% CO<sub>2</sub>) a 12,5°C por 2 meses apresentaram decréscimo na síntese de licopeno enquanto que diferentes combinações de O<sub>2</sub> e CO<sub>2</sub> (variando entre 3 e 4%) também reduziram a síntese de licopeno e β-caroteno (Nakhasi *et al.*, 1991) em tomates.

#### Atividade da poligalacturonase

A injúria mecânica de impacto causou elevação significativa da atividade da poligalacturonase (PG) no tecido pericárpico (Tabela 1). O pericarpo da região que sofreu a injúria mecânica possuía valores similares para a atividade da PG tanto para atmosfera ambiente quanto para atmosfera controlada (705 e 710 μmol AG.kg<sup>-1</sup>MF.h<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 1). A mesma tendên-

cia foi observada para o pericarpo de frutos não injuriados armazenados sob atmosfera ambiente ou controlada (434 e 478 μmol AG.kg<sup>-1</sup>MF.h<sup>-1</sup>, respectivamente) (Tabela 1). Assim como observado para as outras variáveis, o armazenamento sob atmosfera controlada não foi suficiente para impedir ou minimizar o desenvolvimento da injúria interna de impacto no que diz respeito à atividade da PG. A atividade da PG é reduzida durante o armazenamento sob atmosfera controlada, conforme pode ser observado quando se compara os tecidos não-injuriados armazenados sob atmosfera ambiente e atmosfera controlada (Tabela 1). Goodenough (1982) verificou que o armazenamento sob atmosfera controlada não bloqueia a síntese de PG mas tem a habilidade de retardar o seu aparecimento em tecidos vegetais.

O atraso no aparecimento de pectinas solúveis devido à atividade de enzimas hidrolíticas foi observado em pêras armazenadas sob atmosfera controlada (Do & Salunkhe, 1975). Similarmente, Brecht (1980) verificou que em tomates as alterações hidrolíticas em substâncias pécicas são retardadas em armazenamento sob atmosfera controlada.

#### Extravasamento de eletrólitos

O extravasamento de eletrólitos do pericarpo injuriado aumentou tanto para o armazenamento sob atmosfera ambiente quanto para o armazenamento sob atmosfera controlada (50 e 53%, respectivamente) e ficou ao redor de 41% para tecidos não-injuriados armazenados nas duas atmosferas diferentes (Tabela 1). O armazenamento sob atmosfera controlada não foi eficiente em reduzir significativamente o extravasamento de eletrólitos em frutos que sofreram injúria mecânica de impacto, conforme se hipotetizava inicialmente. Os tecidos vegetais normalmente respondem a estresses mecânicos, injúria por frio e por altas temperaturas com o aumento no extravasamento de eletrólitos (Assi *et al.*, 1997; King & Ludford, 1983). A exposição ao etileno também aumentou o extravasamento de eletrólitos em tecido placentário de melancias (Elkhasif & Huber, 1988).

Em resumo, o retardamento do amadurecimento causado pelo

armazenamento sob atmosfera controlada não foi uma forma efetiva de se retardar ou minimizar o desenvolvimento da injúria interna de impacto em frutos de tomate, nas condições experimentais deste trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao CNPq pelo apoio financeiro dado e à Sra. Abbie J. Fox pela sua ajuda na condução das análises químicas e físicas.

## LITERATURA CITADA

- ASSI, N.E.; HUBER, D.J.; BRECHT, J.K. Irradiation-induced changes in tomato fruit and pericarp firmness, electrolyte efflux, and cell wall enzyme activity as influenced by ripening stage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 22, p. 100-106, 1997.
- BRECHT, P.E. Use of controlled atmosphere to retard deterioration of produce. *Food Technology*, v. 34, p. 45, 1980.
- DO, J.Y.; SALUNKHE, D.K. Controlled atmosphere storage. I. Biochemical considerations. In: Pantastico, Er. B. (ed). *Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables*. Connecticut, AVI Publis. Co, p. 175-85, 1975.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, v. 28, p. 350-356, 1956.
- ELKASHIF, M.E.; HUBER, D.J. Electrolyte leakage, firmness and scanning electron microscopic studies of watermelon fruit treated with ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 113, p. 378-381, 1988.
- GOODENOUGH, P.W. Changes in colour, polygalacturonase monossacharides and organic acids during storage of tomatoes. *Phytochemistry*, v. 21, n. 2, p. 281-284, 1982.
- GOODENOUGH, P.W.; THOMAS, T.H. Comparative physiology of field grown tomatoes during ripening on the plant or retard ripening in controlled atmospheres. *Annals of Applied Biology*, v. 94, p. 445-455, 1980.
- GOODENOUGH, P.W.; THOMAS, T.H. Biochemical changes in tomatoes stored in modified gas atmospheres. I. Sugars and acids. *Annals of Applied Biology*, v. 98, p. 507-511, 1981.
- GULL, D.; CARTAGENA, D.; FRENCH, E.C. Análisis de calidad de tomate para lograr um mejor producto. *IBTA, PRODES, UFLA*, Cochabamba, Bolivia, 20 p., 1980.
- HALSEY, L.H. Preliminary studies of bruising of 'turning' and 'pink' tomatoes caused by handling practices. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, v. 68, p. 240-243, 1955.
- HAMSON, A.R. Measuring firmness of tomatoes in a breeding program. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, v. 60, p. 425-433, 1952.

- HUBER, D.J.; O'DONOGHUE, E.M. Polyuronides in *avocado* (*Persea americana* L.) and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits exhibit markedly different patterns of molecular weight downshifts during ripening. *Plant Physiology*, v. 102, p. 473-480, 1993.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology*, v. 40, n. 5, p. 99-104, 1986.
- KING, M.M.; LUDFORD, P.M. Chilling injury and electrolyte leakage in fruit of different tomato cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 108, p. 74-77, 1983.
- LAU, O.L.; LOONEY, N.E. Improvement of fruit firmness and acidity in controlled-atmospheres-stored "Golden Delicious" apples by a rapid O<sub>2</sub> reduction procedure. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 107, p. 531-535, 1982.
- LIME, B.J.; GRIFFITHS, F.P.; O'CONNOR, R.T.; HEINZELMANN, D.C.; McCALL, E.R. Spectrophotometric methods for determining pigmentation – beta-carotene and lycopene – in ruby red grapefruit. *Agricultural and Food Chemistry*, v. 5, n. 12, p. 941-944, 1957.
- MacLEOD, R.F.; KADER, A.A.; MORRIS, L.L. Stimulation of ethylene and CO<sub>2</sub> production of mature-green tomatoes by impact bruising. *HortScience*, v. 11, n. 6, p. 604-606, 1976.
- MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A. Alteração de aroma e sabor em frutos de tomate com desordem fisiológica causada por impacto. *Scientia Agricola*, v. 57, n. 3, p. 385-388, 2000.
- MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A.; HUBER, D.J.; CALBO, A.G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule and placental tissues of tomatoes with internal bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 123, n. 4, p. 656-60, 1998.
- NAKHASI, S.; SCHLIMME, D.; SOLOMOS, T. Storage potential of tomatoes harvested at the breaker stage using modified atmosphere storage. *Journal of Food Science*, v. 56, n. 1, p. 55-59, 1991.
- SARGENT, S.A.; BRECHT, J.K.; ZOELLNER, J.J. Sensitivity of tomatoes at mature green and breaker ripeness stages to internal bruising. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 117, n. 1, p. 119-123, 1992.
- TERADA, M.; WATANABE, Y.; KUNITOMA, M.; HAYASHI, E. Differential rapid analysis of ascorbic acid and ascorbic acid 2-sulfate by dinitrophenylhydrazine method. *Annals of Biochemistry*, v. 84, p. 604-608, 1978.
- UMIEL, N.; GABELMAN, W.H. Analytical procedures for detecting carotenoids of carrot (*Daucus carota* L.) roots and tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v. 96, n. 6, p. 702-704, 1971.
- USDA. U. S. Dept. Agric. *United States standards for grades of fresh tomatoes*. United States Department of Agriculture. Agricultural Marketing Service, Washington, D.C, 25 p, 1985.
- WATADA, A.E. Vitamins. In: Weichmman, J. (ed.). *Postharvest physiology of vegetables*. New York, Marcel Dekker Inc., p. 455-68, 1987.
- WHITLOW, T.H.; BASSUK, N.L.; RANNEY, T.G.; REICHERT, D.L. An improved method for using electrolyte leakage to asses membrane competence in plant tissues. *Plant Physiology*, v. 98, p. 198-205, 1992.