

ALTERAÇÃO DE SABOR E AROMA EM TOMATES CAUSADA POR IMPACTO

Celso Luiz Moretti^{1,3*}; Steven Alonzo Sargent²

¹Embrapa Hortaliças, Rod. BR 060, km 09, C.P. 218 - CEP: 70359-970 - Brasília, DF.

²Horticultural Sciences Department - IFAS - University of Florida, 32611 - Gainesville, Florida, EUA.

³Bolsista CNPq.

*Autor correspondente <celso@cnph.embrapa.br>

RESUMO: Tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.), 'Solar Set' e 'Agrisnet-743', foram colhidos no estágio verde-maduro (100% da superfície com coloração verde) e tratados com 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ de etileno gasoso a 20°C. Quando atingiram o estágio verde-rosado (menos do que 10% da superfície do fruto possui coloração vermelha ou amarelo-esverdeada), os frutos foram divididos em dois lotes. Um lote sofreu quedas de 40 cm de altura sobre uma superfície plana, rígida e lisa. Os frutos deste lote foram armazenados com os frutos-controle (que não sofreram dano mecânico) a 20°C e 85-95% de umidade relativa. No estágio vermelho, os frutos inteiros foram homogeneizados e um teste de análise sensorial foi imediatamente conduzido. Os painelistas foram capazes de distinguir entre frutos com desordem fisiológica causada por impacto e frutos não-injuriados, indicando que esta injúria alterou de maneira significativa o sabor e o aroma dos tomates analisados.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, análise sensorial, injúria mecânica, pós-colheita

FLAVOR ALTERATION IN TOMATO FRUITS DUE TO INTERNAL BRUISING

ABSTRACT: Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits, 'Solar Set' and 'Agrisnet - 743', were harvested at the mature-green stage of development and treated with 100 $\mu\text{L L}^{-1}$ ethylene at 20°C. At the breaker stage, fruits were dropped from 40 cm height to induce internal bruising and stored along with undropped fruits at 20°C and 85-95% RH. At the table-ripe stage, whole fruits were chopped in a food processor and a sensory analysis test was immediately performed. The experimental design employed was a completely randomized blocks scheme arranged with 22 panelists (blocks), 3 treatments (unbruised sample; bruised sample 1 and bruised sample 2) and 4 replicates (ten fruits each). Data were subjected to analysis of variance and differences among treatments were determined by the F test ($P=0.05$). Panelists were able to distinguish between bruised and unbruised fruits which indicated that internal bruising caused by impact altered tomato flavor.

Key words: *Lycopersicon esculentum*, sensory analysis, mechanical damage, post-harvest

INTRODUÇÃO

Sabor, aroma e textura são características que estão intrinsecamente relacionadas com a qualidade de tomates frescos (Baldwin et al., 1991). Vários compostos químicos estão envolvidos na determinação do sabor e aroma característicos de tomates: ácidos orgânicos (principalmente ácido cítrico), açúcares redutores, aminoácidos livres e compostos voláteis (Petró-Turza, 1987). Injúrias mecânicas devidos à impactos, compressão, vibração, cortes e rachaduras estão relacionadas com alterações fisiológicas, metabólicas, de aroma e sabor e de qualidade de diferentes produtos hortícolas tais como maçãs, pepinos, batatas e tomates. Miller et al. (1987) observaram aumento na atividade das enzimas relacionadas com a degradação de parede celular no pericarpo de pepinos submetidos à injúria mecânica de impacto.

Em tomates, a ocorrência de impactos pode causar o aparecimento de desordem fisiológica, que altera o curso normal de amadurecimento destes frutos (Halsey, 1955). Tomates com esta desordem possuem o tecido locular em colapso, desorganizado, com coloração verde-

amarelada, de aspecto turvo e, em casos mais severos, o tecido locular apresenta-se com extensa perda de água (Hatton & Reeder, 1963). A incidência e a severidade da desordem fisiológica dependem da energia de impacto, da cultivar em estudo, do número de impactos e do estágio de amadurecimento. Ela é cumulativa durante as práticas de manuseio pós-colheita (McColloch, 1962; Sargent et al., 1992).

Adicionalmente aos sintomas visuais, as injúrias mecânicas podem causar alterações metabólicas em diversos produtos hortícolas. MacLeod et al. (1976) concluíram que ao aumentar-se o número de impactos de 40 cm de altura, aumentou-se a evolução de gás carbônico e etileno em tomates. Egan (1982), estudando tomates, observou que impactos reduziram a firmeza de 1,6 para 1,3 kgf cm^{-2} . Por outro lado, Silva & Calbo (1992) observaram que tomates submetidos à compressão apresentaram redução na evolução de gás carbônico e atraso no amadurecimento. Geerts et al. (1994) observaram que a atividade da lipoxigenase foi alterada em tubérculos de batata após a ocorrência de injúrias mecânicas.

Embora exista uma considerável quantidade de trabalhos abordando os efeitos de injúrias mecânicas sobre a fisiologia, metabolismo, aparência e qualidade de tomates com desordem fisiológica causada por impacto, há uma lacuna na literatura no que diz respeito ao estudo das alterações de aroma e sabor e aceitação de frutos injuriados por parte do consumidor.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar alterações de sabor e aroma de frutos de tomate com desordem fisiológica causada por impacto.

MATERIAL E MÉTODOS

Material Vegetal: Tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill), 'Solar Set' e 'Agriset-743', no estágio verde-maduro (100% da superfície do fruto possui coloração verde) (USDA, 1976), foram colhidos em campos comerciais em Bradenton (Flórida, EUA) e na unidade de horticultura da Universidade da Flórida, Gainesville, EUA. Após a colheita, os frutos foram colocados em bandejas de isopor, similares às usadas para transporte de ovos, e transportados no mesmo dia para o laboratório de pós-colheita da Universidade da Flórida (EUA).

Aplicação de etileno e injúria mecânica de impacto: Os frutos foram selecionados de acordo com tamanho (frutos médios com 63 a 72 mm de diâmetro) e massa (140 ± 10 g), e tratados com etileno gasoso ($100 \mu\text{L L}^{-1}$) em um sistema de fluxo aberto (fluxo = 50 mL s^{-1}) a 20°C e 85-95% de umidade relativa. Ao atingirem o estágio verde-rosado (menos de 10% da superfície do fruto possui coloração avermelhada ou amarelo - esverdeada) (USDA, 1976), os frutos foram divididos em dois lotes de 60 frutos cada, sendo um deles submetido à injúria mecânica e outro utilizado como controle. Os frutos foram individualmente seguros por um sistema à vácuo (com o intuito de evitar a rotação do fruto durante a queda) e submetidos 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, os frutos com injúria mecânica e os não-injuriados foram armazenados a 20°C e 85-90% de umidade relativa até atingirem a maturidade comercial para os padrões de firmeza do mercado americano. Este padrão é determinado quando tomates vermelhos (100% da superfície do fruto possui coloração vermelha) (USDA, 1976) 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 maturidade comercial foi determinada neste experimento utilizando-se um medidor de firmeza do tipo Cornell (Hamson, 1952), adaptado por Gull et al. (1980).

Análise sensorial: No estágio vermelho, tomates inteiros foram homogeneizados em um processador caseiro por 30 segundos e foram submetidos a um teste de diferença do controle (Aust et al., 1985). O homogenato foi colocado em 4 copos opacos: um copo continha a amostra não-injuriada e foi identificada como controle. Os três copos remanescentes receberam números aleatórios de 3 dígitos e consistiam de outra amostra contendo homogenato de frutos não injuriados ("controle escondido") e duas amostras de homogenato de frutos com desordem fisiológica causada por impacto (amostras injuriadas 1 e 2). As amostras foram oferecidas a um painel de análise sensorial composto de 22 membros não-treinados e foi pedido aos painelistas que primeiramente provassem o copo identificado como controle e depois os outros três identificados com números, sendo que para efeitos estatísticos, cada painalista provou doze amostras, três em cada uma das 4 seções. O "controle escondido" foi apenas utilizado como um padrão através do qual foram comparados os demais tratamentos. O sabor e o aroma dos três copos numerados aleatoriamente foram comparados com o controle inicialmente amostrado e classificados de acordo com uma escala comparativa variando de 1 (nenhuma diferença) a 12 (extremamente diferente).

Análise estatística: As análises foram feitas para cada variedade de tomate estudada utilizando-se delineamento de blocos inteiramente casualizados, com 22 painelistas como blocos e três tratamentos (frutos não injuriados, frutos injuriados – amostra 1 e frutos injuriados – amostra 2) e 4 repetições (10 frutos por repetição). Os resultados foram submetidos à análise de variância usando-se o teste F e as médias foram separadas pelo teste de Tukey, a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O controle escondido foi classificado com notas 2,2 e 2,1 para 'Solar Set' (Figura 1) e 'Agriset-743' (Figura 2), respectivamente, enquanto as amostras com desordem fisiológica causada por impacto (amostra injuriada 1 e amostra injuriada 2) foram classificadas com valores significativamente maiores, sendo 6,40 e 6,10, respectivamente, para 'Solar Set' (Figura 1) e 5,88 e 5,83, respectivamente, para 'Agriset-743' (Figura 2). Alguns painelistas comentaram que as amostras injuriadas apresentavam-se com sabor "aguado" ou insípido quando comparadas com o controle.

Vários trabalhos têm demonstrado que tomates com desordem fisiológica causada por impacto apresentam alterações significativas em acidez titulável, vitamina C total, atividade enzimática, carotenóides totais, consistência (Moretti et al., 1998) e na concentração de compostos voláteis chave para a determinação do sabor e aroma característicos do fruto (Moretti et al., 1997). Estas mudanças podem ter sido as responsáveis pelas diferenças observadas pelos painelistas neste

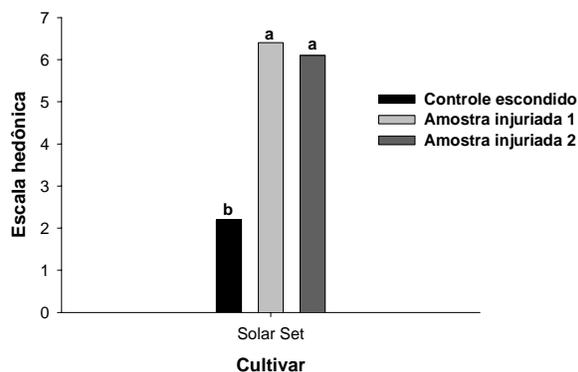


Figura 1 - Médias atribuídas às amostras injuriadas (amostra injuriada 1 □ e amostra injuriada 2 ■) e não-injuriadas (controle escondido ■) de tomates maduros 'Solar Set' utilizando-se o teste de diferença do controle (Escala hedônica de valores: 1 = sem diferença; 12 = extremamente diferente). (Médias identificadas com mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5%).

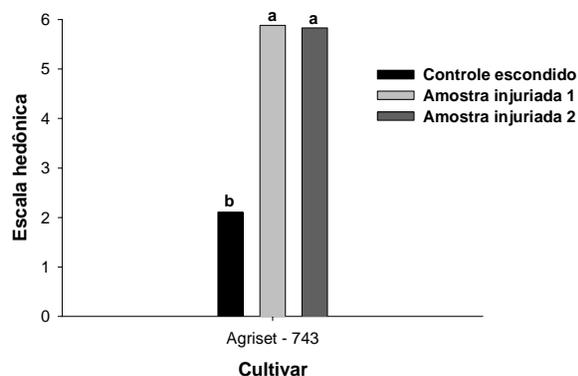


Figura 2 - Médias atribuídas às amostras injuriadas (amostra injuriada 1 □ e amostra injuriada 2 ■) e não-injuriadas (controle escondido ■) de tomates maduros 'Agriset - 743' utilizando-se o teste de diferença do controle (Escala hedônica de valores: 1 = sem diferença; 12 = extremamente diferente). (Médias identificadas com mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5%).

experimento. Moretti et al. (1998) determinaram que tecidos com desordem fisiológica causada por impacto possuíam teores de ácidos orgânicos e vitamina C total significativamente menores do que os de frutos não-injuriados, e que o tecido locular injuriado apresentava-se com maior consistência do que o tecido proveniente de tomates amadurecidos normalmente. Considerando-se que o tecido locular foi o mais atingido pela desordem fisiológica causada por impacto (Moretti et al., 1997; Moretti et al., 1998) e que seus componentes são percebidos primeiramente pelos receptores de sabor localizados na cavidade bucal (Stevens, 1977), sugere-se que elevações na consistência do tecido locular de tomates possa ser um fator determinante no aroma e sabor.

A percepção de sabor e aroma alterados, em adição às mudanças no conteúdo de ácidos orgânicos,

vitaminas e consistência, pode ser devida à alterações na rota metabólica de compostos voláteis chaves para a determinação de aroma e sabor característico de tomates, como cis-3-hexenal, cis-3-hexenol e 6-metil-5-hepteno-2-ona (Petró-Turza, 1987). Compostos voláteis como β -ionona e 6-metil-5-hepteno-2-ona são derivados de carotenóides de cadeia aberta e cíclica, respectivamente (Buttery & Ling, 1993). Moretti et al. (1998) observaram que o tecido locular de tomates injuriados possuía conteúdo de carotenóides totais significativamente menor do que o de frutos não-injuriados e Moretti et al. (1997) determinaram que 6-metil-5-hepteno-2-ona, um composto que suspeita-se ser um subproduto da degradação de pigmentos carotenóides (Petró-Turza, 1987), foi significativamente reduzido em tecido com desordem fisiológica causada por impacto.

CONCLUSÃO

A desordem fisiológica causada por impacto altera o sabor e o aroma de tomates, reduzindo de maneira potencial a aceitação deste produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUST, L.B.; GACULA, M.C.; BEARD Jr., S.A.; WASHAM R.W. Degree of difference test method in sensory evaluation of heterogeneous product types. *Journal of Food Science*, v.50, p.511-513, 1985.
- BALDWIN, E.A.; NISPEROS-CARRIEDO; M.O.; MOSHONAS, M.G. Quantitative analysis of flavor and other volatiles and for certain constituents of two tomato cultivars during ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.116, p.265-269, 1991.
- BUTTERY, R.G.; LING, L.C. Volatile compounds of tomato fruit and plant parts: relationship and biogenesis. In: TERANISHI, R.; BUTTERY, R.G.; SUGISAWA, A.R. (Ed.) *Bioactive volatile compounds from plants*. Washington: American Chemical Society, 1993. p.23-34. (Symposium Series, 525).
- EGAN, S. Methods of handling affects tomato fruit quality. *Farm and Food Research*, v.13, p.72-74, 1982.
- GEERTES, A.; FELTKAMP, D.; ROSAHL, S. Expression of lipoxygenase in wounded tubers of *Solanum tuberosum* L. *Plant Physiology*, v.105, p.269-277, 1994.
- GULL, D.; CARTAGENA, D.; FRENCH, E.C. *Análisis de calidad de tomate para lograr un mejor producto*. Cochabamba: IBTA; PRODES; UFLA, 1980. 20p.
- 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.
- HATTON, T.T.; REEDER, W.F. Effect of field and packinghouse handling on bruising of Florida tomatoes. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, v.76, p.301-304, 1963.
- MACLEOD, R.F.; KADER, A.A.; MORRIS, L.L. Stimulation of ethylene and CO₂ production of mature-green tomatoes by impact bruising. *HortScience*, v.11, p.604-606, 1976.
- MCCOLLOCH, L.P. Bruising injury of tomatoes. Washington: *Proceedings*. Washington: USDA, 1962. 35p. (Marketing Research Report, 513).

- MILLER, A.R.; DALMASSO, J.P.; KRETCHMAN, D.W. Mechanical stress, storage time and temperature influence cell wall degrading enzymes, firmness and ethylene production by cucumbers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.112, p.666-671, 1987.
- MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A.; BALDWIN, E.; HUBER, D.J.; PUSCHMANN, R. Pericarp, locule and placental tissue volatile profiles are altered in tomato fruit with internal bruising. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6., Belém, 1997. **Resumos**. Belém, 1997. v.1, p.216.
- 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, p.656-660, 1998.
- PETRÓ-TURZA, M. Flavor of tomato and tomato products. **Food Reviews International**, v.2, p.309-351, 1987.
- 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, p.119-123, 1992.
- SILVA, J.L.O.; CALBO, A.G. An apparatus to study compression stress in fruits and vegetables. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p.737-742, 1992.
- STEVENS, M.A. Inheritance of viscosity potential in tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.101, p.152-155, 1977.
- USDA. **United States Standard for grades of fresh market tomatoes**. Washington: USDA, Agricultural Marketing Service, 1976.

Recebido em 25.08.99