

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO DE INSTABILIDADE DE
ÓRGÃOS VEGETAIS SUBMETIDOS À INJÚRIA MECÂNICA

ANA LÚCIA SEGHESSI ALBINO

SÃO CARLOS/SP
2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA**

**CARACTERIZAÇÃO DO PERÍODO DE INSTABILIDADE DE
ÓRGÃOS VEGETAIS SUBMETIDOS À INJÚRIA MECÂNICA**

ANA LÚCIA SEGHESSI ALBINO

**Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação
em Biotecnologia da
Universidade Federal de São
Carlos para obtenção do título
de Mestre em Biotecnologia.**

**ORIENTAÇÃO: PROF. DR. JOSÉ DALTON CRUZ PESSOA
PROF. DR. MARCOS ARDUIN**

**SÃO CARLOS/SP
2011**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

A336cp

Albino, Ana Lúcia Seghessi.

Caracterização do período de instabilidade de órgãos vegetais submetidos à injúria mecânica / Ana Lúcia Seghessi Albino. -- São Carlos : UFSCar, 2011.
76 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2011.

1. Biotecnologia. 2. *Solanum lycopersicum*. 3. *Brassica oleracea* var. *acephala*. 4. Lesão mecânica (Agronomia). 5. Anatomia vegetal. 6. Estado hídrico. I. Título.

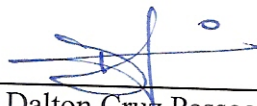
CDD: 660.6 (20^a)

Ana Lúcia Seghessi Albino

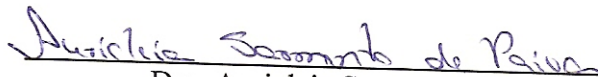
Dissertação de Mestrado submetida
à Coordenação do Programa de
Pós-Graduação em Biotecnologia,
da Universidade Federal de São
Carlos, como requisito parcial para
a obtenção do título de Mestre em
Biotecnologia

Aprovado em: 10/06/2011

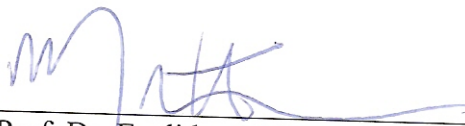
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Dalton Cruz Pessoa (Orientador)
(EMBRAPA)



Dra. Auricleia Sarmiento de Paiva
(Pesquisadora)



Prof. Dr. Euclides Matheucci Junior
(PPG-Biotec/UFSCar)

*Aos meus pais, Lucia e Odair, com toda
minha admiração e gratidão, dedico.*

*“The world is an interesting place to the
imaginative mind.”*

*“Don’t be afraid of the shadows. They are
just trying to tell you there is light nearby.”*

Carlos E. Herrera

AGRADECIMENTOS

Agradeço a força espiritual que me auxiliou com luz e tranquilidade para conduzir e construir este trabalho;

À minha mãe, Lucia, e ao meu pai, Odair, por toda dedicação, luta e amor destinados a mim e aos meus irmãos desde sempre. Com certeza, sem os ensinamentos e o suporte de vocês eu não seria metade da pessoa que sou, e não teria conseguido chegar até aqui. Não tenho palavras para agradecer os pais incríveis que vocês são!

À minha irmã, Maria Alice, e ao meu irmão, Hugo, por todo carinho, amor e incentivo dados a mim, além dos incontáveis e maravilhosos momentos de risadas e conforto. Não sei o que seria de mim sem vocês.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal de São Carlos e à Embrapa Instrumentação pela infraestrutura;

Aos meus orientadores Dr. José Dalton Cruz Pessoa e Dr. Marcos Arduin pelo suporte, conhecimentos e oportunidades para o desenvolvimento desta dissertação;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP – pela concessão da bolsa de mestrado (processo n° 2008/56626-7);

Aos membros da banca de qualificação Dr^a. Auricleia Sarmiento de Paiva, Dr. Marcos Antonio Sanches Vieira e Dr. Marcos David Ferreira;

À Dr^a. Auricleia Sarmiento de Paiva e ao Dr. Euclides Matheucci Junior por terem aceitado participar da banca examinadora da minha dissertação;

À Alessandra Martins, do Sítio Santa Marta, pela simpatia e prontidão em abrir as portas da sua propriedade e fornecer os tomates utilizados no estudo;

Ao Dr. Adonai Gimenez Calbo pelo auxílio nos experimentos de firmeza, e pela prontidão em sanar minhas dúvidas;

Ao Dr. José Carlos Barbosa e ao Dr. Gleibson Dionízio Cardoso pela ajuda nas análises dos dados experimentais;

Ao Alan e à Cleia pelos experimentos montados e conduzidos em conjunto, pela atenção com as trocas de ideias e solução das dúvidas, e pela querida amizade construída nestes anos de convivência;

Ao Oliver por sempre estar ao meu lado com tanto amor e carinho, pela cumplicidade dos últimos anos, pela paciência com os meus lamentos, e por segurar minha mão e sempre querer me ajudar nos momentos mais complicados e outros nem tão complicados assim;

Às queridas pessoas, com quais tive o prazer de conviver no laboratório em algum momento: Gisele, Thais, Danieli, Valquíria, Sandra, Karina, Tatiane, Glaucia, Josiane, Diego, Luis Fernando, Raphael, Alexandre e Henrique. Companheiros que fizeram com que o meu mestrado fosse muito mais do que um aperfeiçoamento profissional, mas também uma grande oportunidade de crescimento pessoal. Obrigada pelas tantas horas de causos e conversas divertidíssimas, lanches da tarde, doação de ideias e braços nos meus experimentos, e amizade nas horas boas e difíceis que atravessaram o caminho;

Aos meus amados amigos, irmãos de coração, que me acompanham desde os tempos de graduação, Niara, Raquel, Bianca, Carol, Rafael (Soneca), Keize e Marcio, que não imaginam o quanto a amizade, o companheirismo e as energias positivas vindas de cada um foram essenciais nessa fase da minha vida. Muito obrigada galera!

E a todos que me esqueci de citar, mas que contribuíram para realização deste trabalho, deixo aqui meus sinceros agradecimentos.

Desejo a todos muita cor e luz!

RESUMO

As injúrias mecânicas são a maior causa de perdas pós-colheita, uma vez que podem causar alterações metabólicas e fisiológicas em frutos e hortaliças. No entanto são escassos estudos que caracterizam o estado do tecido logo após a lesão e durante a reação do tecido lesionado, ao qual denominamos “Período de Instabilidade” (PI). Neste trabalho o objetivo foi caracterizar o “Período de Instabilidade” (PI) de tomates (*Solanum lycopersicum* L.) e folhas de couve-manteiga (*Brassica oleracea* v. *acephala* L.), após a colheita, submetidos à lesão mecânica por punção com diferentes diâmetros. Para isso foi realizada a análise histológica dos tecidos e um estudo do estado hídrico desses vegetais submetidos a lesão por punção com diâmetros de 1,5 e 3,5mm. A análise da estrutura dos tecidos da folha de couve-manteiga e de tomate lesionados foi realizada por meio de técnicas usuais de microscopia de luz durante 9 e 24 dias após a colheita, respectivamente. A avaliação do estado hídrico foi feita pelo estudo da firmeza de tomates, e da pressão de turgescência celular e firmeza das folhas de couve-manteiga. As medidas foram realizadas durante 19 dias para tomates e sete dias para as folhas de couve-manteiga. Os tecidos saudáveis de tomates ‘Carmen’ apresentaram disposição uniforme até o 16º dia após a colheita. Durante o PI nos tecidos lesionados de tomates verificou-se a adesão das paredes celulares mortas às células saudáveis quatro dias após a colheita. As lesões por punção com diâmetros de 1,5 e 3,5 mm não alteram a firmeza em tomates ‘Carmem’ armazenados a 25°C, no entanto os tomates apresentam decaimento da firmeza dois dias após a colheita. As folhas saudáveis de couve-manteiga apresentaram degradação tardia das estruturas celulares, após o 9º dia de colheita. As folhas lesionadas por punção de 1,5 e 3,5mm apresentam PI com resposta fisiológica, caracterizada pelo acúmulo de mucilagem na região danificada. A firmeza e a pressão de turgescência também não são alteradas nas folhas de couve-manteiga lesionadas por punção de 1,5 e 3,5mm, e armazenadas a 5°C. Porém, folhas saudáveis e lesionadas apresentam recuperação hídrica do primeiro para o segundo dia após a colheita, quando armazenadas em refrigerador a 5°C. Após a recuperação hídrica, todos os tratamentos apresentam diminuição gradativa da firmeza e da turgescência celular, sendo que os grupos das lesões mostram oscilações nos valores de firmeza entre o quarto e sétimo dia após a colheita.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, *Brassica oleracea* v. *acephala*, lesão por punção, anatomia vegetal, firmeza, turgescência celular

ABSTRACT

Mechanical injuries are a major cause of post-harvest losses, since they may cause metabolic and physiological changes in fruit and vegetables. However there are few studies that characterize the state of the tissue after injury and during the reaction of the tissue, which was called "Period of Instability (PI). In this work the objective was to characterize the "Period of Instability (PI) of tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) and kale leaves (*Brassica oleracea* v. *acephala* L.) after harvest, injured by puncture with different diameters. So, it was realized a tissues histological study of and plants water status analysis subjected to injury by puncture with diameters of 1.5 and 3.5 mm. Analysis of the structure of kale leaf and tomato injured tissues was performed using techniques of light microscopy during 9 and 24 days after harvest, respectively. The water status was evaluated by firmness of tomatoes, turgor pressure and firmness of the kale leaves. They were examined for 19 days in tomatoes and for seven days in kale leaves. Healthy tissues of tomatoes 'Carmen' showed uniform arrangement until the 16th day after harvest. In the tomato injured tissues' PI there was adherence to the dead cell walls on the healthy cells. Puncture injuries with diameters of 1.5 and 3.5 mm did not change the firmness of tomatoes in 'Carmen' stored at 25°C, but the tomatoes' firmness decreased after two days of post-harvest. The healthy leaves of kale showed degradation of cellular structures after nine days of harvest. The injured leaves by puncturing the 1.5 and 3.5 mm exhibited PI with physiological response, characterized by the accumulation of mucilage in the damaged region. Firmness and turgor pressure were not altered in the kale leaves injured stored at 5°C. However, healthy and injured leaves had a water recovery from the first to the second day after harvest, when stored in refrigerator at 5°C. After the water recovery, the treatments have a decreased of firmness and turgor pressure, and the injured groups showed variation in the values of firmness between the fourth and seventh day of post-harvest.

Key words: *Solanum lycopersicum*, *Brassica oleracea* v. *acephala*, puncture injury, plant anatomy, firmness, cell turgor

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** A) Cultivo de tomate ‘Carmen’ no município de São Carlos, SP. B) Frutos de tomate ‘Carmen’..... 31
- Figura 2.** Tomates controle, lesionado por punção de 3,5mm e de 1,5mm, respectivamente..... 32
- Figura 3.** Amostras de tomate ‘Carmen’, fixadas em formalina neutra tamponada 4%, utilizadas para confecção das lâminas histológicas..... 32
- Figura 4.** A) Folha de couve-manteiga sem evidência de lesão mecânica e presença de parasitoides. B) Sanitização da couve-manteiga. 33
- Figura 5.** Região lesionada das folhas de couve-manteiga..... 344
- Figura 6.** Folhas de couve-manteiga armazenadas em sacos de polietileno perfurados no refrigerador a $5\pm 0,1$ °C. 344
- Figura 7.** Epiderme externa uniestratificada (EE) (seta) e hipoderme (colchete) de frutos de tomate ‘Carmen’. Escala: 250 μ m..... 366
- Figura 8.1.** Tecidos do epicarpo e mesocarpo do tomate ‘Carmen’. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 4 dias. C) 6 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; FV: Feixe Vascular; EI: Epiderme interna. Escala: 500 μ m..... 377
- Figura 8.2.** Tecidos do epicarpo e mesocarpo do tomate ‘Carmen’. Período de armazenagem após a colheita: D) 16 dias. E) 24 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; FV: Feixe Vascular; EI: Epiderme interna. Escala: 500 μ m.....38
- Figura 9.1.** Tecidos do epicarpo e mesocarpo de tomates ‘Carmen’ lesionados por punção de 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: A) 4 dias. B) 6 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; EI: Epiderme interna; pm: paredes celulares mortas. Escala: 500 μ m. 40
- Figura 9.2.** Tecidos do epicarpo e mesocarpo de tomates ‘Carmen’ lesionados por punção de 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: C) 16 dias. D) 24 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa:

Parênquima; EI: Epiderme interna; pm: paredes celulares mortas. Escala: 500 μ m.....41

Figura 10. Tecidos do epicarpo e mesocarpo de tomates 'Carmen' lesionados por punção de 3,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: C) 16 dias. D) 24 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; pm: paredes celulares mortas. Escala: 500 μ m.42

Figura 11. Esquema simplificado do comportamento das hortaliças submetidas à lesão mecânica por punção. Tal evento se soma à tendência da senescência da hortaliça. PI: Período de Instabilidade. PR: Período de Reação.43

Figura 12.1. Tecidos foliares da couve-manteiga. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 2 dias. C) 3 dias. D) 4 dias. E) 5 dias. F) 6 dias. AD: Epiderme da face adaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; AB: Epiderme da face abaxial; Es: Estômatos; En: endoderme. Escala: 150 μ m. Corte transversal.45

Figura 12.2. Tecidos foliares da couve-manteiga. Período de armazenagem após a colheita: G) 7 dias. H) 8 dias. I) 9 dias. J) 14 dias. AD: Epiderme da face adaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; AB: Epiderme da face abaxial; Es: Estômatos; X: Xilema; Fl: Floema; F: Fibras. Escala: 150 μ m. Corte transversal.....46

Figura 13.1. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 2 dias. C) 3 dias. D) 4 dias. E) 5 dias. F) 6 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; L: região da lesão; Es: Estômatos; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem. Escala: 150 μ m. Corte transversal.48

Figura 13.2. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: G) 7 dias. H) 8 dias. I) 9 dias. J) 14 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; L: região da lesão; Es: Estômatos; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem. Escala: 150 μ m. Corte transversal.49

Figura 14.1. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 3,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 2 dias. C) 3

dias. D) 4 dias. E) 5 dias. F) 6 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; L: região da lesão; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem; Es: Estômatos; FV: Feixes Vasculares. Escala: 150µm. Corte transversal.50

Figura 14.2. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 3,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: G) 7 dias. H) 8 dias. I) 9 dias. J) 14 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem. Escala: 150µm. Corte transversal.51

Figura 15. Acúmulo de mucilagem na região lesionada da folha de couve-manteiga após 3 dias de armazenamento. Mu: Mucilagem. Escala: 150µm. Corte transversal...51

Figura 16. Aplanador utilizado para medição da firmeza de tomates.....61

Figura 17. Wiltmeter®, equipamento utilizado para medidas de firmeza de folhas de couve-manteiga.63

Figura 18. Folha de couve-manteiga e sensor termoelástico prontos para medida de pressão de turgescência na Sonda Termoelástica.64

Figura 19. Firmeza (kgf.cm^{-2}) medida pela técnica de aplanção de tomates 'Carmen' submetidos a punções de diferentes dimensões e armazenados por 18 dias.....66

Figura 20. Firmeza (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas a lesão por punção, armazenadas sob refrigeração por 9 dias.....68

Figura 22. Pressão de Turgescência (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas a lesão por punção armazenadas sob refrigeração por 7 dias.....69

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Firmeza (kgf.cm^{-2}) de tomates 'Carmen' sadios e submetidos à lesão por punção de diferentes dimensões e armazenados por 19 dias.....65
- Tabela 2.** Firmeza (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas à lesão por punção de diferentes diâmetros, armazenadas sob refrigeração a 5°C durante nove dias.....67
- Tabela3.** Pressão de turgescência (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas a lesão por punção de diferentes diâmetros, armazenadas sob refrigeração a 5°C durante cinco dias.....69

Sumário

<u>CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL</u>	15
SETOR HORTIFRUTI	15
EFEITOS DA LESÃO NA QUALIDADE DOS FRUTOS E HORTALIÇAS	17
TOMATE	19
COUVE-MANTEIGA	19
JUSTIFICATIVA.....	20
OBJETIVOS	20
GERAL	20
ESPECÍFICOS	20
REFERÊNCIAS	22
<u>CAPÍTULO 2: ESTUDO ANATÔMICO DOS TECIDOS DE TOMATE E COUVE-MANTEIGA SUBMETIDOS À LESÃO POR PUNÇÃO</u>	28
RESUMO	28
INTRODUÇÃO	29
MATERIAL E MÉTODOS	31
TOMATE	31
COUVE-MANTEIGA	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
TOMATE	36
COUVE-MANTEIGA	44
CONCLUSÕES	54
REFERÊNCIAS	55
<u>CAPÍTULO 3: AVALIAÇÃO DO ESTADO HÍDRICO DE TOMATES E FOLHAS DE COUVE-MANTEIGA SUBMETIDOS À LESÃO POR PUNÇÃO</u>	58
RESUMO	58
INTRODUÇÃO	59
MATERIAL E MÉTODOS	61
TOMATE	61
COUVE-MANTEIGA	62
<i>FIRMEZA</i>	62

<i>PRESSÃO DE TURGESCÊNCIA</i>	63
ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	64
RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
TOMATE	65
COUVE-MANTEIGA	67
CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	72
PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS	76

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

SETOR HORTIFRUTI

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas e hortaliças (FAO, 2008). Sua área plantada com hortaliças é estimada em 779 mil hectares, abrangendo mais de 80 espécies cultivadas (IBGE, 2009). O setor apresenta um expressivo aumento de sua produção no país. Em 2001 foram produzidas cerca de 11,5 milhões de toneladas de hortaliças, já em 2009, este número quase dobrou, chegando a 19,3 milhões (IBGE, 2009). O Estado de São Paulo, o maior produtor de hortaliças do Brasil, produziu em 2009, 71 mil toneladas de alface, 40 mil toneladas de couve e 133 mil toneladas de repolho.

As hortaliças podem ser divididas nas seguintes categorias: raízes, bulbos e tubérculos, 40% da produção e 11 produtos principais; hortaliças frutos (legumes), 37% da produção e 11 produtos principais; hortaliças folhosas, 16% da produção; melancia, melão e morango: 7,5% da produção; outras hortaliças e condimentares, 6,2% da produção (HORTIBRASIL, 2010a). Dentre as hortaliças mais consumidas estão: tomate, batata, melancia, cebola, cenoura e batata doce, que respondem por 64% do total produzido (HORTIBRASIL, 2010a; MELO, 2008). O volume de hortaliças folhosas comercializadas no Entrepósito Terminal de São Paulo, a Ceasa de São Paulo, administrada pela CEAGESP foi de cerca de 118 mil toneladas em 2009 (HORTIBRASIL, 2010b). No entanto, o consumo nacional médio de hortifrutis é de 50 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007), estando bem abaixo da taxa de consumo recomendada pela Organização Mundial de Saúde, que é de 140 kg.hab⁻¹.ano⁻¹ (MELO, 2008).

Um dos fatores que induzem o baixo consumo de hortifrutis pode ser o impacto das injúrias na qualidade e no preço final ao consumidor. Segundo a FAO (1989), as injúrias mecânicas são a maior causa de perdas pós-colheita no mundo. Enquanto no Brasil as perdas pós-colheita correspondem, no mínimo, 30% da produção, em países desenvolvidos as perdas estão em torno de 6%, inclusive com critérios de qualidade mais rigorosos. O Brasil possui tecnologia disponível para o melhor aproveitamento da produção, mas o consumidor médio brasileiro, que gasta 45% da sua renda com alimentação, não está disposto a pagar pelo custo da tecnologia que reduziria este desperdício (MENDES e PADILHA JUNIOR, 2007).

Segundo Bordin (1998), desde o instante em que é colhido até o momento de ser preparado ou consumido, o produto hortícola é submetido a uma série de etapas essencialmente mecânicas que, dependendo da sensibilidade do produto, poderão causar danos que comprometerão a qualidade final do mesmo, ocasionando até mesmo o seu

descarte. As perdas podem ser ocasionadas por fatores como: falhas na fase de produção, colheita fora de época, lesões mecânicas, embalagem, manuseio e transporte inadequados, tempo de exposição prolongado no varejo, hábitos prejudiciais de seleção por parte do consumidor, preços desfavoráveis pagos ao produtor e falta de orientação de mercado (CHITARRA; CHITARRA, 1990; MUKAI; KIMURA, 1986; REZENDE, 1992; SANCHES et al., 2004; SINGH et al., 1992; TSUNECHIRO et al., 1994).

Em geral, o total de produtos descartados segue a distribuição: no campo as perdas correspondem a 10%; durante o manuseio e transporte são perdidos 50%; nas centrais de abastecimento e comercialização mais 30%, e os supermercados e consumidores descartam os 10% restantes (SOARES, 2009). Lana et al. (2006) verificaram que dos frutos de tomates descartados no mercado, 66,5% apresentavam dano mecânico, associados ou não à podridão microbológica.

As lesões físicas podem ser causadas por mais de um tipo de força: corte, esfolamento, impacto, compressão, vibração e punção (BRUZEWITZ et al., 1991; MOHSENIN, 1986; VERGANO et al., 1991). O corte e o esfolamento são geralmente atribuídos a uma forte colisão do órgão contra uma superfície irregular, ou pela imposição de uma superfície cortante e com pressão sobre o fruto, como as arestas de uma embalagem ou objetos cortantes (MOHSENIN, 1986; WILEY, 1997). O impacto e a compressão ocorrem quando a força aplicada supera o limite elástico do órgão vegetal, às vezes rompendo células sub-superficiais sem tornar visível o dano. A vibração ocorre a partir de impactos repetitivos em baixa frequência (MANESS et al., 1992) e geralmente durante o transporte, com alta taxa de perdas (JONES et al., 1991). Wills et al. (1982) demonstraram que os frutos são muito afetados pela compressão e impactos sofridos durante o transporte.

A lesão por punção é definida por um pequeno orifício na superfície do fruto, que surge quando um objeto pontiagudo ou o pedúnculo de outro fruto se choca com essa superfície (MOHSENIN, 1986). Em tomates a lesão por punção, em geral, é resultante dos impactos entre dois frutos onde o pedúnculo de um acaba por puncionar o epicarpo do outro, ocorrendo principalmente durante a colheita, transporte e manuseio dos frutos (DESMET et al., 2002).

Independentemente do tipo de lesão, o resultado deverá ser o rompimento e a perda da integridade celular na região da lesão (MOHSENIN, 1986; WILEY, 1997), gerando um aspecto visual que diminui a percepção da boa qualidade e expondo o produto ao ataque de patógenos (ALLENDE et al., 2004). Há indicativos de uma relação positiva entre as injúrias mecânicas pós-colheita e a incidência de doenças nos hortifrutis (AMORIM et al., 2008).

Além das perdas quantitativas deve-se citar a perda qualitativa, que reduz o tempo de vida útil do produto, assim como suas propriedades nutritivas, seu valor comercial, e seus

atrativos organolépticos. A quantificação monetária destas perdas é mais difícil de ser calculada por falta de uma metodologia.

A escala das lesões também afeta as perdas quantitativas e qualitativas. É possível que as grandes lesões sejam os principais fatores das perdas quantitativas e que as pequenas lesões alterem o tempo de vida útil do produto. Porém, de acordo com Van Zeebroeck (2007) um tecido vegetal livre de injúrias não pode ser infectado pela maioria dos patógenos pós-colheita e, portanto, mesmo micro lesões podem causar perdas quantitativas ao destruírem a proteção do órgão, permitindo as infecções por fungos ou outros patógenos.

EFEITOS DA LESÃO EM PARÂMETROS DE QUALIDADE DOS FRUTOS E HORTALIÇAS

É conhecido que lesões mecânicas podem causar alterações metabólicas e fisiológicas em frutos e hortaliças. Em tomates foram verificados sintomas externos (FLUCK; HALSEY, 1973) e internos típicos (SARGENT et al., 1992), assim como mudanças no metabolismo respiratório (GALVIS-VANEGAS, 1987). Outras alterações podem ocorrer nos frutos, tais como na taxa de produção do etileno (ABELES et al., 1992; MACLEOD et al., 1976;); no sabor e aroma (MORETTI; SARGENT, 2000); na composição química, com redução no teor de carotenóides, vitamina C e acidez titulável (MORETTI et al., 1998); e na firmeza (JACKMAN et al., 1990).

A intensidade da respiração do órgão vegetal está relacionada com a capacidade de armazenamento do produto. Quanto maior a taxa respiratória, menor é o tempo de armazenamento (CHITARRA, 1998; MANOLOPOULOU; PAPADOPOULOU, 1998). A atividade respiratória pode aumentar quando as hortaliças sofrem injúrias mecânicas, pois há ruptura do tecido vegetal, aumentando a atividade celular (DURIGAN et al., 2007; VAROQUAUX; WILEY, 1997) e a produção de etileno, levando à senescência e reduzindo a vida útil do órgão (CHITARRA; CHITARRA, 1990; HYODO et al., 1993; ISHII et al., 1993).

O turgor, ou pressão de turgescência, é um importante componente da textura (SOUSA et al., 2006) e do potencial de água de produtos frescos, sendo estes dois dos atributos primários de qualidade de hortifrutis. A perda do turgor nas células dos frutos ou dos vegetais ocorre quando há deficiência de água, conseqüentemente, o tecido começa a murchar acompanhado por uma aparência seca com a perda do brilho e da cor (AGUILERA; STANLEY, 1999). Após a colheita, técnicas de armazenamento, distribuição e comercialização tentam manter a turgescência em frutos e hortaliças, conservando seus valores nutritivos e de venda.

Nas células maduras e túrgidas de plantas superiores, as variações do potencial de água são fortemente refletidas nas variações da turgescência, garantindo alta rigidez nas paredes celulares (SMITH; GRIFFITHS, 1993). Além disso, a turgescência é uma das forças que impulsionam o crescimento das plantas.

Forças externas e internas alteram o formato das células em organismos multicelulares. Resultados teóricos e experimentais com batata indicam que modificações na parede celular e alterações no turgor afetam as propriedades mecânicas (SCANLON et al., 1996). Mayor et al. (2007) verificaram que a desidratação osmótica provocou alterações significativas nas propriedades mecânicas do tecido da abóbora, diminuindo o módulo de elasticidade aparente no tecido. Portanto, o turgor celular e a integridade da parede da célula são componentes fundamentais da firmeza de tecidos vegetais (ILKER; SZCZESNIAK, 1990).

A firmeza está relacionada com a capacidade de armazenamento dos frutos, sendo um dos parâmetros mais importantes da qualidade de frutos para consumo *in natura*. É uma importante característica de conservação pós-colheita, essencial durante o transporte e comercialização dos frutos. Durante o período de comercialização, foram observadas mudanças na firmeza, fortemente correlacionadas com alterações na coloração e forma da superfície de tomates (YANG; CHINNAN, 1988), o que influencia negativamente na compra desses produtos pelo consumidor.

Essa firmeza é responsável pela rigidez e por conferir uma aparência fresca ao tecido da planta. Sendo dependente de turgescência celular do vegetal, ela representa a força de compressão e é útil na determinação da altura da embalagem dos frutos. Luengo et al. (2003), utilizando duas técnicas diferentes para medir a firmeza dependente do turgor, obtiveram estimativas da altura máxima tolerável em embalagens para frutas e hortaliças e definiram o empilhamento máximo (a capacidade de carga) como 5% de superfície amassada em relação à base e relataram a sensibilidade de alguns produtos ao empilhamento e transporte.

A avaliação da textura dos frutos e hortaliças geralmente é baseada nas propriedades mecânicas macroscópicas do produto por inteiro. Entretanto, os órgãos vegetais não são homogêneos, mas sim arranjos de diferentes tipos celulares. Assim as propriedades mecânicas macroscópicas dos tecidos são determinadas por várias características da microestrutura dos mesmos, tais como o tamanho da célula, a quantidade de espaço intercelular, propriedades mecânicas da parede da célula e da lamela média e pressão de turgor. Allende et al. (2004) relacionaram as propriedades micromecânicas dos tecidos de dois cultivares de tomate com a força de ruptura dos mesmos.

Além disso, a análise da estrutura microscópica dos tecidos vem sendo utilizada para comparar diferentes cultivares de frutos armazenados sob condições controladas (CHU; THOMPSON, 1972; CUMMINGS; SCHROEDER, 1942); verificar a organização e estrutura dos tecidos de frutos tratados com cálcio ou com reguladores vegetais (MARTINS; CASTRO, 1997; NATALE et al., 2005); além de caracterizar aspectos morfoanatômicos de diferentes acessos de tomate (KARSBURG et al., 2004). Em espécies de folhosas os

estudos anatômicos avaliam os efeitos do excesso de nutrientes no crescimento das folhas, bem como as alterações nos tecidos de espécies submetidas à diferentes desordens fisiológicas (COAKLEY et al., 1973; ILKER et al., 1977; MOLAS, 1997). Porém, tanto para frutos quanto para folhosas, observa-se uma lacuna sobre as alterações na microestrutura dos tecidos de frutos e hortaliças submetidos a lesão mecânica.

TOMATE

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) está entre os produtos hortícolas mais consumidos no mundo, tanto na forma *in natura* quanto industrializado (FARIA et al., 2003). Sua produção mundial é menor apenas que a da batata, mas duas vezes maior que a da cebola (GAYET et al., 1995). O Brasil é um dos maiores produtores mundiais, com 61 mil hectares destinados às plantações, sendo que no ano de 2009 a produtividade média foi de 63,0 t/ha (AGRIANUAL, 2010). A produção de tomate está presente em vários estados brasileiros, com destaque para Goiás e São Paulo, que respondem com cerca de 50% da produtividade nacional, com produtividade média de 84,5 t/ha e 66,2 t/ha, respectivamente (AGRIANUAL, 2010).

Em virtude das características intrínsecas da produção, beneficiamento, processamento e comercialização de tomates, há duas cadeias produtivas distintas, que dependem do destino final do produto, consumo *in natura* ou abastecimento industrial. Essas cadeias produtivas variam desde as variedades utilizadas até as formas de cultivo e o consumo final (CAMARGO et al., 2006). No país cerca de 45 mil ha são destinados à produção de tomate de mesa e 16 mil ha para o tomate de processamento (IBGE, 2009). No ano de 2010 o Brasil alcançou a quinta maior produção mundial de tomates para processamento, atingindo cerca de 1,8 milhões de toneladas e rendimento médio de 84 t/ha, um recorde histórico (MELO, 2011).

O tomate é fonte de vitaminas A e C, de sais minerais como potássio e magnésio, de pigmentos carotenóides, tiamina e niacina (STEVENS, 1985). Andreuccetti et al. (2004) verificaram que 63,3% dos clientes de um hipermercado no interior do estado de São Paulo buscam essa hortaliça no intuito de consumi-la *in natura*, em forma de saladas.

COUVE-MANTEIGA

A família Brassicaceae abrange espécies de hortaliças folhosas de grande valor econômico, social, nutricional e nutracêutico, tais como couve-manteiga, repolho e couve-flor. Além destas, na família existem várias outras espécies hortícolas e/ou oleaginosas tais como a rúcula, nabo-comprido, rabanete e mostarda-de-folha. São cultivadas principalmente

na região centro-sul do Brasil, com custo de produção relativamente baixo quando comparado ao de outras espécies olerícolas (FILGUEIRA, 2008).

No Brasil o consumo da couve-manteiga, ou couve de folha (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*), além de estar presente em alguns pratos tradicionais da cultura nacional, vem aumentando principalmente em decorrência da sua recente classificação como alimento funcional, e às suas mais variadas formas de utilização na culinária (NOVO et al., 2010). A área plantada da hortaliça no estado de São Paulo se expandiu de 1200 para 1424 ha entre 2006 e 2007, sendo que sua produtividade foi de 26,7 para 28,8 t/ha (CAMARGO et al., 2008; CAMARGO FILHO; CAMARGO, 2009).

A couve-manteiga se destaca dentre as hortaliças folhosas pelo alto conteúdo de proteínas, carboidratos, fibras, cálcio, ferro, vitamina A, niacina e vitamina C (LORENZ; MAYNARD, 1988), além de ser uma fonte rica de carotenóides, reduzindo riscos de câncer no pulmão e de doenças oftalmológicas crônicas como cataratas (LEFSRUD et al., 2007; USDA, 2002).

JUSTIFICATIVA

Apesar dos inúmeros trabalhos avaliando o efeito das injúrias e sua influência no tempo de vida útil de frutos e hortaliças, são escassos os estudos que verificaram a reação do tecido logo após a lesão, que aqui foi denominado “Período de Instabilidade” (PI).

Observa-se a necessidade de mais pesquisas, com enfoque na histologia do tecido lesionado e nas alterações fisiológicas que ocorrem no tecido vegetal durante o PI. Tais estudos poderão auxiliar no desenvolvimento de produtos biotecnológicos com potencial para retardar os efeitos negativos da lesão e/ou acelerar o processo de cicatrização da região lesionada. Nesse estudo foram utilizados dois modelos: fruto (tomate - *Solanum lycopersicum* L.) e folha (couve-manteiga - *Brassica oleracea* L. var. *acephala*).

OBJETIVOS

GERAL

Neste trabalho o objetivo foi caracterizar o “Período de Instabilidade” (PI) de tomates e folhas de couve-manteiga, após a colheita, submetidos à lesão mecânica por punção com diferentes diâmetros.

ESPECÍFICOS

1. Identificar os efeitos da lesão na estrutura dos tecidos de tomate e couve-manteiga utilizando microscopia de luz;

2. Determinar o efeito da lesão na turgescência celular e firmeza dos tecidos.

REFERÊNCIAS

- ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTWEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1992.
- AGRIANUAL: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria, p.348-491. 2010.
- AGUILERA, M.; STANLEY, D.W. **Microstructural principles of food processing and engineering**. (2nd ed.), Aspen Publishers Inc, Gaithersburg, MD, 1999.
- ALLENDE, A.; DESMET, M.; VANSTREELS, E.; VERLINDEN, B.E.; NICOLAI, B.M. Micromechanical and geometrical properties of tomato skin related to differences in puncture injury susceptibility. **Postharvest Biology and Technology**, n. 34, p.131–141. 2004.
- AMORIM, L.; MARTINS, M.C.; LOURENÇO, S.A.; GUTIERREZ, A.S.D.; ABREU, F.M.; GONÇALVES, F.P. Stone fruit injuries and damage at the wholesale market of São Paulo, Brazil. **Postharvest Biology and Technology** v.47, p.353–357, 2008.
- ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; HONÓRIO, S.L.; GUTIERREZ, A.S.D.; TAVARES, M. Classificação e padronização dos tomates cv. Carmem e Débora dentro da CEAGESP (SP). **Eng. Agric., Jaboticabal**, v.24, n.3, p.790-798, set./dez. 2004.
- BORDIN, M.R. Embalagem para frutas e hortaliças *In: Tecnologia de resfriamento de frutas e hortaliças*. Campinas: Faculdade de Engenharia Agrícola, p.19-27. 1998.
- CAMARGO, F.P.; ALVES, H.S.; CAMARGO FILHO, W.P.; VILELA N.J. **Cadeia produtiva de tomate industrial no Brasil**: resenha da década de 1990, produção regional e perspectivas. *Informações econômicas*, SP, v.36, n. 11, nov. 2006.
- CAMARGO A.N.M.M.P.; CAMARGO F.P; CAMARGO FILHO W.P. Distribuição geográfica da produção de hortaliças no Estado de São Paulo: participação no País, concentração regional e evolução no período 1996-2006. **Informações Econômicas**, v.38, p.28-35, 2008.
- CAMARGO FILHO W.P; CAMARGO, F.P. **Análise das alterações na cadeia de produção de hortaliças em São Paulo**,1995-2007. IEA/CATI. Anuários, banco de dados. 2009. Disponível em: www.iea.sp.gov.br. Acessado em 10 de dezembro de 2010.
- CHITARRA, M.I.F. Fisiologia e qualidade de produtos vegetais. *In: BOREN, F.M. (Ed.). Armazenamento e processamento de produtos agrícolas*. Lavras: Ufla/SBEA, 1998. p.1-57.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras, ESAL/FAEPE. 320p. 1990.

CHU, M.C.; THOMPSON, A.E. Comparative anatomy of pericarps of four tomato mutants. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.97, n.4, p. 478-481, 1972.

COAKLEY, S.M.; CAMPBELL, R.N.; KIMBLE, K.A. Internal rib necrosis and rusty Brown discoloration of 'Climax' lettuce induced by lettuce mosaic virus. **Phytopathology**, v.63, p.1191-1197, 1973.

CUMMINGS, K.; SCHROEDER, C.A. Anatomy of avocado fruit. **California Avocado Society Yearbook**, v.27, p.56-64,1942.

DESMET, M.; LAMMERTYN, J.; VERLINDEN, B.E.; NICOLAÏ, B.M. Mechanical properties of tomatoes as related to puncture injury susceptibility. **J. Text. Stud.** v. 33, p. 415–429, 2002.

DURIGAN, M.F.B. & MATTIUZ, B.H. Efeito de injúrias mecânicas na qualidade de abobrinhas armazenadas em condição ambiente. **Horticultura Brasileira** v.25, p.291-295, 2007.

FAO. **Prevention of postharvest food losses: fruits, vegetables and root crops**. FAO Training Series No. 17/2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy,1989.

FAO. **The state of food and agriculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2008.

FARIA, M.V.; MALUF, W.R; AZEVEDO, S.M. DE; ANDRADE-JÚNIOR, V.C; GOMES, L.A; MORETTO, P; LICURSI, V. Yield and post-harvest quality of tomatos hybrids heterozygous at the loci *alcobaça*, *old gold-crinson* or *high pigment*. **Genetics and Molecular Research**, v.2, p.317-327, 2003.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo Manual de Olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa. MG: Universidade Federal de Viçosa, 421 p. 2008.

FLUCK, R.C.; HALSEY, L.H. Impact forces and tomato bruising. **Florida Agricultural Experiment Station Journal Series**, Gainesville, n.5109, p.239-242, 1973.

GALVIS-VANEGAS, J.A. **Fisiologia pós-colheita de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) cultivar Ângela**. 1987. 123 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Pós-Colheita) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 1987.

GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; GARCIA, E.E.C.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E.F.G.; BORDIN, M.R. **Tomate para Exportação: Procedimentos de Colheita e Pós-colheita**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Brasília: EMBRAPA-SPI, 34p. Série Publicações Técnicas FRUPEX; 13. 1995.

HORTIBRASIL. Hortaliças em números. **Novidades no mercado – frutas e hortaliças frescas**. 2010a. Disponível em: http://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=d=909. Acessado em: 04 de maio de 2011.

HORTIBRASIL. Considerações sobre os cuidados na compra das hortaliças folhosas. **Novidades no mercado – frutas e hortaliças frescas**. 2010b. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=comid=741>. Acessado em: 04 de maio de 2011.

HYODO, H.; HASHIMOTO, C.; MOROZUMI, S.; UKAI, M.; YAMADA, C. Induction of ethylene production and lignin formation in wounded esocarp tissue of *Cucurbita maxima* L. **Acta Horticulturae**, v.343, p.264-2699, 1993.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. 2009. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1429. Acessado em: 25 de abril de 2011.

ILKER, R., SZCZESNIAK, A. Structural and chemical bases for texture of plant food stuffs. **Journal of Texture Studies** v.21, p.1-36. 1990.

ILKER, Y.; KADER, A.A.; ILKER, R.; MORRIS, L.L. Anatomy of lettuce tissue affected by three physiological disorders. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** v. 102, n.4, p.426-428, 1977.

ILKER, R.; SZCZESNIAK, A. Structural and chemical bases for texture of plant food stuffs. **Journal of Texture Studies** v.21, p.1-36. 1990.

ISHII G; CALBO AG; SILVA JLO. Effect of mechanical injury on ripeness and quality of mature green tomatoes. **Annual Report from the Department of Applied Plant Physiology**. Osaka: NIVOT, p.78-9. 1993.

JACKMAN, R.L.; MARANGONI, A.G.; STANLEY, D.W. Measurement of tomato fruit firmness. **HortScience**, Alexandria, v.25, n.7, p.781-3, 1990

JONES, C.S.; HOLT, J.E.; SCHOORL, D. Model to predict damage to horticultural produce during transport. **Agriculture Engineering Research**, London, v.50, n.4, p.259-72, 1991.

KARSBURG, I.V.; SILVA, D.J.H.; CARVALHO, C.R. Identificação morfológica de acessos de *Lycopersicon*. **Anais do 44º Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2004.

LANA, M.M. et al. Identificação das Causas de Perdas Pós-colheita de Tomate no Varejo em Brasília-DF. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 16**. EMBRAPA Hortaliças. 2006.

LEFSRUD, M.; KOPSELL, D; WENZEL, A; SHEEHAN, J. Changes in kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) carotenoid and chlorophyll pigment concentrations during leaf ontogeny. **Scientia Horticulturae**, v.112, p.136-141. 2007.

LORENZ, O.A; MAYNARD, D.N. **Handbook for vegetable growers**. 3ª ed. New York: John Wiley-Interscience Publication. 456p. 1988.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G.; JACOMINO, A.P.; PESSOA, J.D.C. Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização, **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.4, p.704-707, outubro/dezembro 2003.

MAcLEOD, R.F.; KADER, A.A.; MORRIS, L.L. Stimulation of ethylene and CO₂ production of mature-green tomatoes by impact bruising. **HortScience**, Alexandria, v.11, n.6, p.604-6, 1976.

MANESS, N.O.; BRUSEWITZ, G.H.; McCOLLUM, T.G. Impact bruise resistance comparison among peach cultivars. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.9, p.1008-11, 1992.

MANOLOPOULOU, H.; PAPADOPOULOU, P. A study of respiratory and physico-chemical changes of four kiwi fruit cultivars during cool-storage. **Food Chemistry**, v.63, p.529-534, 1998.

MARTINS, M.B.G.; CASTRO, P.R.C. Aspectos morfoanatômicos de frutos de tomateiro cultivar Ângela Gigante, submetidos a tratamentos com reguladores vegetais. **Bragantia**, v.56, n.2, p.225-236, 1997.

MAYOR, L.; CUNHA, R.L.; SERENO, A.M. Relation between mechanical properties and structural changes during osmotic dehydration of pumpkin. **Food Research International**, v. 40, p.448-460, 2007.

MELO, P.C.T. de. **Panorama atual da cadeia brasileira de produção de hortaliças**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20. Palestras... Vitória: ENCAPER. p.cd-rom. 2008.

MELO, P.C.T. de. Safra Recorde. **Revista Cultivar Hortaliças e Frutas**, ano IX, nº 65, p.37, dezembro 2010-janeiro 2011.

MENDES, J.T.G.; PADILHA JUNIOR, J.B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**, Vol. 1. Gordon and Breach Science Publ., New York, NY, USA, 1986.

MOLAS, J. Changes in morphological and anatomical structure of cabbage (*Brassica oleracea* L.) outer leaves and in ultrastructure of their chloroplasts caused by an in vitro excess of nickel. **Photosynthetica**, v.34, n.4, p.513-522, 1997.

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**, Alexandria, v.123, n.4, p.656-660, 1998.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.385-8, 2000.

MUKAI, M.K.; KIMURA, S. **Investigação das práticas pós-colheita e desenvolvimento de um método para análise de perdas de produtos hortícolas**. Viçosa: Centreinar 253 p. 1986.

NATALE, W.; PRADO, R.M.; MÔRO, F.V. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.12, p.1239-1242, dez. 2005.

NOVO, M.C.S.S. PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P.E.; BLAT, S.F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.03, p.321-325. 2010.

REZENDE, J.B. (Coord.). **Avaliação das perdas de produtos agrícolas em MG**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 122 p. 1992.

SANCHES, J., LEAL, P.A.M.; SARAVALI, J.H.; ANTONIALI, S. Avaliação de danos mecânicos causados em banana "Nanicão" durante as etapas de beneficiamento, transporte e embalagem. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.24, n.1, p.195-201, jan./abr. 2004.

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**, Alexandria, v.117, n.1, p.119-23, 1992

SCANLON, M.G., PANG, C.H.; BILIADERIS, C.G. The effect of osmotic adjustment on the mechanical properties of potato parenchyma. **Food Research International**, v.29, p.481–488, 1996.

SINGH, A.; SINGH, Y.; BATHEJA, S. Suitability of Packaging Boxes for Tomatoes. **Journal of Food Science and Technology**, v.29, n.6, p.381-383, 1992.

SMITH, J.A.C.; GRIFFITHS, H. Pressure probe technique: basic principles e application to studies of water and solute relations at the cell, tissue and organ level. In: SMITH, J. A. C.: GRIFFITHS, H. (Ed.). **Water deficits: plant responses from cell to community**, Oxford, UK: Bios Scientific Publishers Ltd., 1993. p. 5-36.

SOARES, A.G. Perdas pós-colheita de frutas e hortaliças. **Fórum Agronegócio da Unicamp – Qualidade e Segurança de Alimentos**. Mesa Redonda. Maio, 2009. Disponível em: <http://www.unicamp.br/nepa/downloads/PerdasPosColheitasFrutaseHortalicas.pdf?PHPSESSID=defc66558f8e32f4868a44a34af40a43>. Acessado em: 26 de abril de 2011.

SOUSA, M.B. CANET, W.; ALVAREZ, M.D.; TORTOSA, M.E. Effect of processing on the texture and structure of raspberry (cv. Heritage) and blackberry (cv. Thornfree). **European Food Research Technology** v. 223, p. 517–532, 2006.

STEVENS, M.A. Tomato flavor: effects of genotype, cultural practices, and maturity at picking. In: PATEE HE. (Ed.). **Evaluation of quality of fruits and vegetables**. Westport: AVI Publ. 410p. 1985.

TSUNECHIRO, A.; UENO, L.H.; PONTARELLI, C.T.G. Avaliação econômica das perdas de hortaliças e frutas no mercado varejista de São Paulo, 1991/92. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v. 41, t. 2, p. 1-15, 1994.

USDA. **National nutrient database for standard reference, release 15**. NDB No: 11457. U.S. Dept. Agric., Washington, D.C., USA. 2002.

VAN ZEEBROECK, M.; VAN LINDEN, V.; RAMON, H.; De BAERDEMAEKER, J.; NICOLAÏ, B. M.; TIJSKENS, E. Impact damage of apples during transport and handling, **Postharvest Biology and Technology**, v.45, p.157-167, 2007.

VERGANO, P.J.; TESTIN, R.F.; NEWAL JR., W.C. Peach bruising: susceptibility to impact vibration, and compression abuse. **American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.34, n.5, p.2110-16, 1991.

WILEY, R.C. **Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas**. Zaragoza: Editorial Acribia, 363p. 1997.

WILLS, R.B.H.; IEE, T.H.; GRAHAM, D.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruits and vegetables**. Australia: New South Wales University, 174 p. 1982.

YANG, C.C.; CHINNAN, M.S. Computer modeling of gas composition and colour development of tomatoes stored in polymeric films. **Journal of Food Science**, v.53, p.869–872, 1988.

CAPÍTULO 2

ESTUDO ANATÔMICO DOS TECIDOS DE TOMATE E COUVE-MANTEIGA SUBMETIDOS À LESÃO POR PUNÇÃO

RESUMO

O estudo da microestrutura dos tecidos dos hortifrutis pode ser utilizado para comparar diferentes cultivares, verificar a organização e estrutura de tecidos sob diferentes tratamentos e desordens fisiológicas. No entanto, são poucas as avaliações anatômicas da microestrutura dos tecidos dos frutos e folhas após uma lesão mecânica. Assim, o objetivo do estudo foi identificar os efeitos da lesão na estrutura dos tecidos de tomate e couve-manteiga após a colheita utilizando microscopia de luz. Tomates e folhas de couve-manteiga foram submetidos às lesões por punção com 1,5 e 3,5mm de diâmetro, e armazenados durante 24 e 9 dias após a colheita, respectivamente. As amostras para análise histológica foram obtidas durante este mesmo período, e, por meio de técnicas usuais de histologia, foram analisadas em microscopia de luz. Os tecidos de tomates 'Carmen' sadios têm sua integridade preservada até o 16º dia após a colheita. Durante o Período de Instabilidade (PI) nos tecidos lesionados de tomates verificou-se a adesão das paredes celulares mortas às células sadias. Folhas de couve-manteiga apresentam degradação tardia de suas estruturas celulares após a colheita. Durante o período de armazenamento as folhas lesionadas apresentaram PI com resposta fisiológica caracterizada pelo acúmulo de mucilagem na região lesionada.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, *Brassica oleracea* v. *acephala*, Período de Instabilidade, injúria mecânica, anatomia vegetal

INTRODUÇÃO

A análise anatômica dos tecidos de frutas e hortaliças após a colheita é comumente utilizada para avaliação das propriedades viscoelásticas que são observadas macroscopicamente, pois a microestrutura dos tecidos vegetais é um dos parâmetros que determinam tais propriedades. Quando um estresse de compressão é aplicado ao tecido do fruto, por exemplo, ocorre uma deformação naquele local que envolve tanto as células quanto a lamela média, ocasionando distensão da parede celular (ROJAS et al., 2001).

Outros estudos verificaram a dependência entre as propriedades mecânicas dos vegetais e as propriedades geométricas de seus tecidos e células. Allende et al. (2004) encontraram uma estreita relação entre a histologia da epiderme do tomate e sua força de ruptura. Konstankiewicz et al. (2001) relataram que o tecido da batata composto por células menores apresenta força de compressão e módulo de elasticidade mais elevados do que um tecido com células maiores.

Além disso, a análise da microestrutura dos tecidos dos hortifrutis também pode ser utilizada para comparar diferentes cultivares de frutos, desde a fase embrionária, ou não, como abacate, tomate e pêssigo, armazenados em condições controladas (BRON et al., 2002; CHU; THOMPSON, 1972; CUMMINGS; SCHROEDER, 1942; OGNJANOV et al., 1995); verificar a organização e estrutura dos tecidos de goiabas tratadas com cálcio e de tomates tratados com reguladores vegetais (MARTINS; CASTRO, 1997; NATALE et al., 2005); realizar a caracterização morfo-anatômica de diferentes acessos de tomate (KARSBURG et al., 2004). Para espécies de folhosas, os estudos anatômicos avaliam os efeitos do excesso de níquel no crescimento de folhas de repolho (MOLAS, 1997) e as alterações nos tecidos de alfices submetidas à diferentes desordens fisiológicas (COAKLEY et al., 1973; ILKER et al., 1977).

Estudos de anatomia auxiliam na identificação e caracterização de reações fisiológicas em hortaliças do tipo tubérculos e raízes submetidas à lesão mecânica. Sob condições controladas de temperatura e alta umidade, batatas com lesões mecânicas formam periderme protetora na região lesionada (KIM et al., 1993). Esse procedimento é adotado durante a cura das batatas, para cicatrização dos ferimentos provenientes da colheita (LUENGO; CALBO, 2001). A batata-doce também apresenta formação de periderme quando armazenadas em condições semelhantes às da batata. Esse tecido é constituído por células achatadas, lignificadas, suberizadas e sem espaços intercelulares. O conjunto de tais características protege a área ferida, impedindo a perda excessiva de água e o ataque de microrganismos patogênicos (ST-AMAND; RANDLE, 1990). Outras hortaliças que apresentam cicatrização com formação de periderme são o cará e o inhame (LUENGO; CALBO, 2001)

Para frutos e folhosas as alterações morfológicas decorrentes de lesões mecânicas tem sido analisadas, com maior frequência, em imagens obtidas a partir da tomografia de ressonância magnética – TORM (BISCEGLI et al., 2000; CLARK et al., 1997). No entanto, a utilização dessa técnica não permite uma análise mais detalhada das alterações que ocorrem nos tecidos lesionados.

Com isso, observa-se que são poucas as avaliações anatômicas da microestrutura dos frutos e folhas após uma lesão mecânica. Assim, o objetivo do estudo foi acompanhar os efeitos da lesão na estrutura dos tecidos lesionados de tomate e couve-manteiga após a colheita por meio de microscopia de luz.

MATERIAL E MÉTODOS

A estrutura dos tecidos de tomate e da folha de couve-manteiga submetidos à lesão por punção foi analisada por meio de microscopia de luz. As primeiras etapas dos ensaios foram realizadas no Laboratório de Instrumentação em Pós-colheita da Embrapa Instrumentação, São Carlos – SP. Os procedimentos de coloração e análise das lâminas histológicas foram conduzidos no Laboratório de Anatomia Vegetal da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), campus São Carlos.

TOMATE

Para a determinação do Período de Instabilidade foram utilizados frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) ‘Carmen’, no estágio de maturação verde-maduro (USDA, 1976). Foram selecionados 40 tomates de tamanhos semelhantes e sem qualquer evidência de lesão mecânica, em um cultivo agrícola do sítio Santa Marta localizado no município de São Carlos, SP (figuras 1A e 1B), e foram conduzidos até o laboratório.



Figura 1. A) Cultivo de tomate ‘Carmen’ no município de São Carlos, SP. B) Tomates ‘Carmen’.

Os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio na proporção 1:50 (CAMPOS, 2006). Em seguida os tomates foram secos com papel toalha e separados em 3 lotes, sendo um lote correspondente ao grupo controle, e os outros dois lotes foram submetidos às lesões por punção.

Foram realizados dois danos por punção, com diâmetros de 1,5 e 3,5mm, este último é o diâmetro médio do pedúnculo do fruto de tomate (ALLENDE et al., 2004), ambos com profundidade de 5mm. Foram escolhidos tais diâmetros porque durante o transporte os tomates são bastante susceptíveis às lesões por punção em decorrência dos pedúnculos

dos frutos e farpas e arestas das caixas de transporte. Para a indução da lesão foram utilizados cilindros de metal inoxidável esterilizados com álcool 96°GL a cada aplicação. Cada fruto recebeu apenas um tipo de lesão na região equatorial (figura 2).



Figura 2. Tomates sem lesão, lesionado por punção de 3,5mm e de 1,5mm, respectivamente.

A partir do dia da colheita até o 24º dia foram obtidas amostras da região equatorial dos frutos a cada quatro dias. Após esse período os frutos foram descartados. Durante a coleta das amostras para análise histológica os frutos foram armazenados a $25\pm 2^\circ\text{C}$ em frascos de vidro semi-abertos, permitindo circulação de gases e vapor d'água.

As amostras foram armazenadas em frascos individuais, devidamente etiquetados, e fixadas em formalina neutra tamponada 4% por um período mínimo de 24h (figura 3).

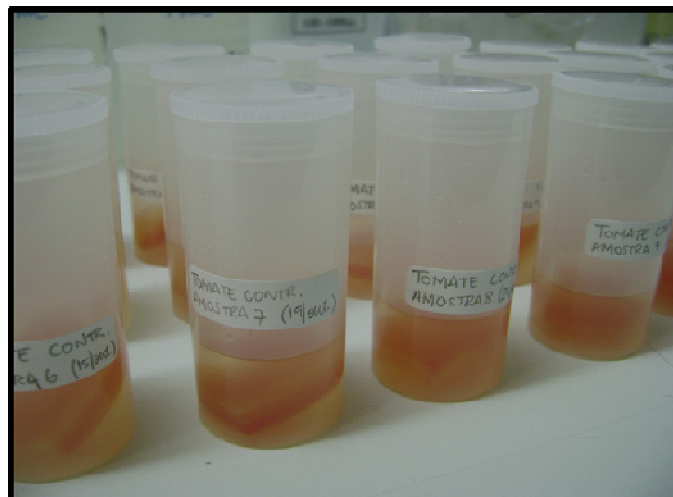


Figura 3. Amostras de tomate 'Carmen', fixadas em formalina neutra tamponada 4%, utilizadas para confecção das lâminas histológicas.

Após o período de fixação, seguiu-se a etapa de desidratação em série etanólica completa (JOHANSEN, 1940). Após a desidratação deu-se início a infiltração e emblocamento do material por historresina a base de glicol-metacrilato.

O material foi seccionado em micrótomo rotativo Leica RM2235, em cortes com 7 μ m de espessura, transversais em relação ao eixo do fruto. Os cortes foram corados com a combinação azul de astra e fucsina para coloração geral das estruturas (ARDUIN ; KRAUS, 1997). As lâminas foram secas em temperatura ambiente e o material foi analisado em microscópio de luz Olympus BX4. As imagens foram capturadas a partir da câmera acoplada ao microscópio e do software Future WinJoe.

COUVE-MANTEIGA

Foram utilizadas folhas de couve-manteiga (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*) com comprimento entre 20 e 30cm. Foram selecionadas folhas sadias (figura 4A). As folhas foram obtidas no comércio local no mesmo dia de sua colheita na cidade de São Carlos – SP. No laboratório elas foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio 1% e secas em papel toalha (figura 4B).

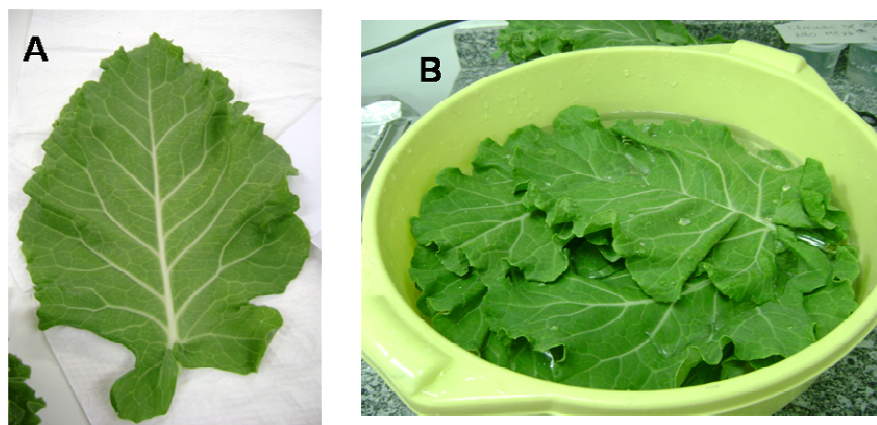


Figura 4. A) Folha de couve-manteiga sem evidência de lesão mecânica e presença de parasitóides. B) Sanitização da couve-manteiga.

Após esse período o material foi separado em 3 lotes: grupo controle, lesão por punção com 1,5mm de diâmetro e lesão com 3,5mm de diâmetro.

Para a lesão das folhas utilizou-se perfuradores com os diâmetros já mencionados, esterilizados com álcool 96°GL a cada aplicação. Cada folha recebeu apenas um tipo de lesão no seu terço superior (figura 5).

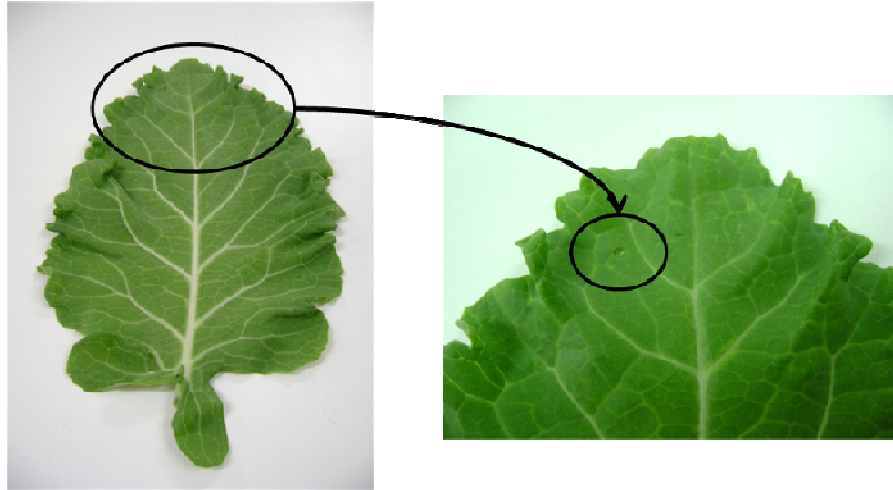


Figura 5. Região lesionada das folhas de couve-manteiga.

As folhas foram acondicionadas individualmente em embalagens perfuradas de polietileno, em câmara refrigerada a $5\pm 0,1$ °C. As embalagens foram dispostas em varais dentro do refrigerador como é mostrado na figura 6.



Figura 6. Folhas de couve-manteiga armazenadas em sacos de polietileno perfurados no refrigerador a $5\pm 0,1$ °C.

As amostras de couve-manteiga foram obtidas diariamente, durante nove dias após a colheita. Porém o material foi armazenado até o 14º dia após a colheita, no qual foram coletadas mais amostras para anatomia vegetal, a fim de verificar possíveis modificações tardias na microestrutura dos tecidos.

Os procedimentos para fixação, desidratação, infiltração e emblocamento do material foram os mesmo utilizados para as amostras de tomate.

O material foi seccionado em micrótomo rotativo Leica RM2235, em cortes com 9 μ m de espessura, transversais em relação à nervura central da folha. Os cortes foram corados com a combinação azul de astra e fucsina para coloração geral das estruturas (ARDUIN; KRAUS, 1997). Também foi utilizado o corante vermelho de rutênio para evidenciar algumas estruturas (RAWLINS; TAKAHASHI, 1952). As lâminas foram analisadas em microscópio de luz Olympus BX4. As imagens foram capturadas a partir da câmera acoplada ao microscópio e do software Future WinJoe.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os resultados apresentados a seguir o dia um (1) representa o dia da colheita dos frutos e das folhas e o dia da indução das lesões.

TOMATE

O pericarpo do fruto de tomate 'Carmen' sadio apresenta epiderme externa uniestratificada (EE) seguida por um tecido multiestratificado (figura 7). A EE do tomate 'Carmen' apresentou uma fina cutinização. A delgada camada subepidérmica é chamada de hipoderme (CHU; THOMPSON, 1972; FERRI et al., 1978).

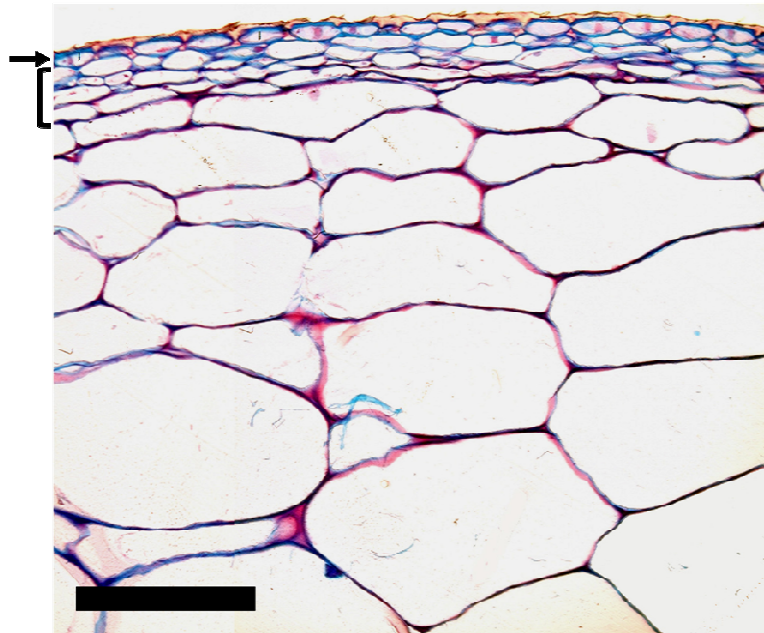


Figura 7. Epiderme externa uniestratificada (EE) (seta) e hipoderme (colchete) de tomate 'Carmen' sadio. Escala: 250 μ m.

O mesocarpo é formado por tecido colenquimatoso (TC), parênquima (Pa) e epiderme interna uniestratificada (EI) (figuras 8.1 e 8.2).

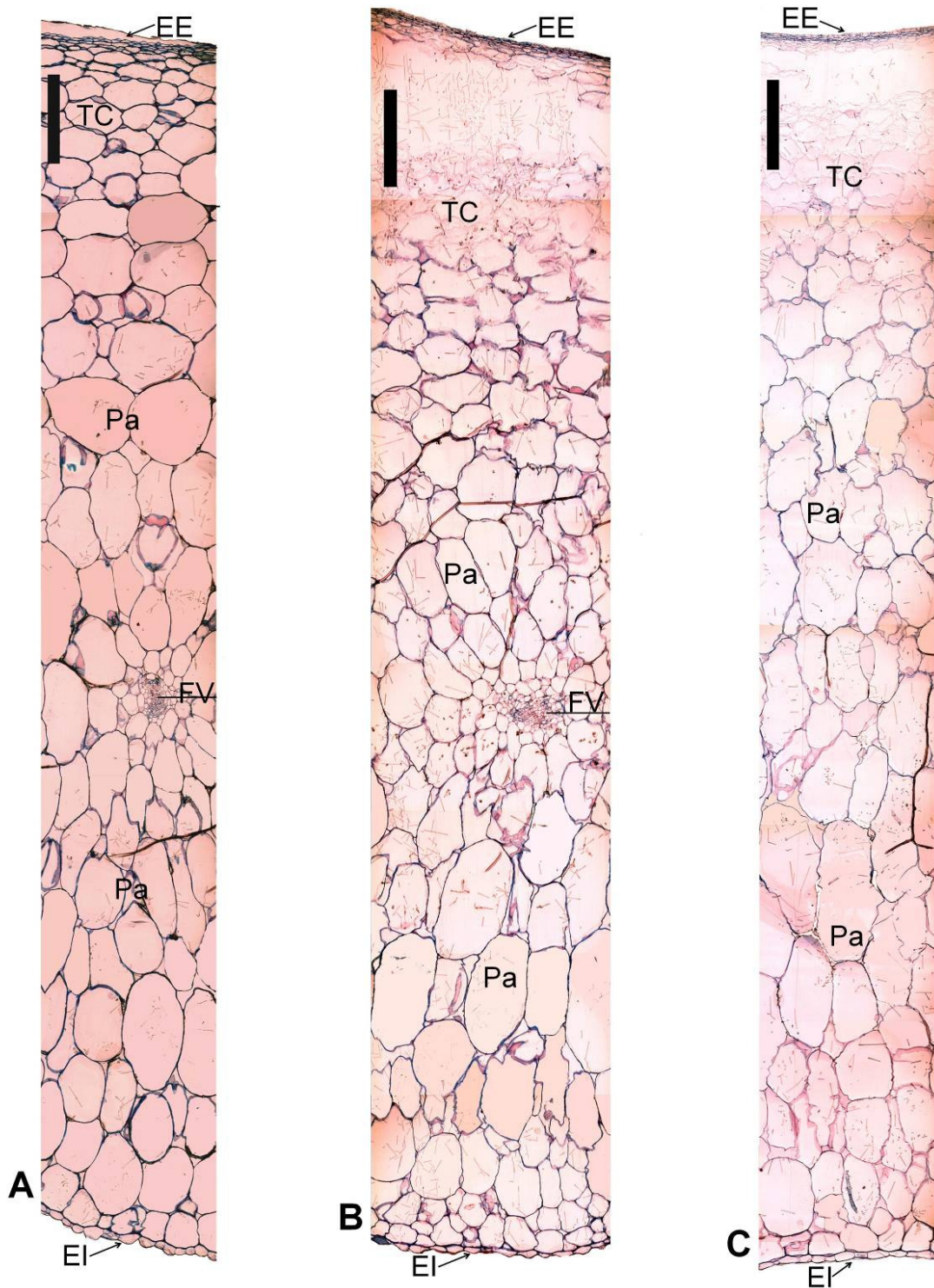


Figura 8.1. Tecidos do epicarpo e mesocarpo do tomate 'Carmen'. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 4 dias. C) 6 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; FV: Feixe Vascular; EI: Epiderme interna. Escala: 500 μ m.

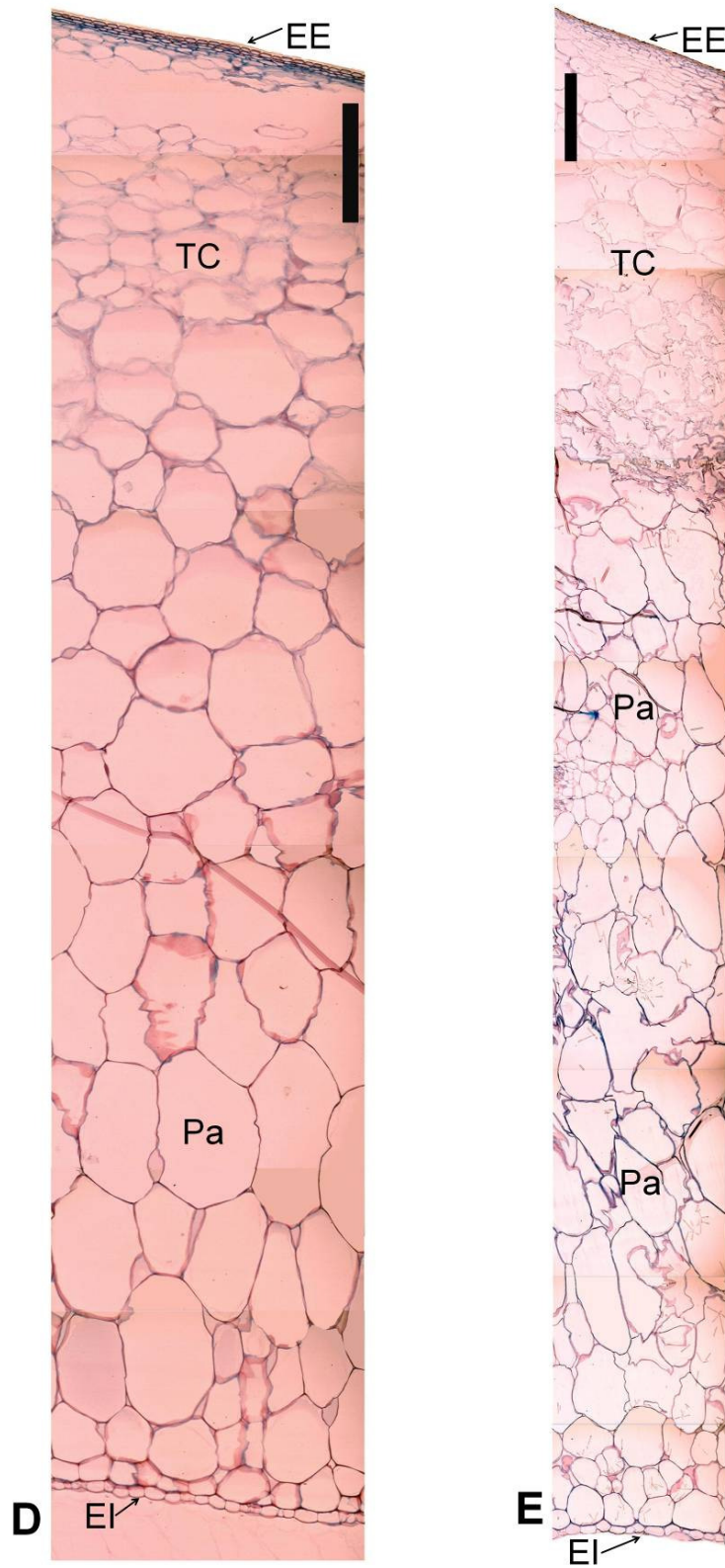


Figura 8.2. Tecidos do epicarpo e mesocarpo do tomate 'Carmen'. Período de armazenagem após a colheita: D) 16 dias. E) 24 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; EI: Epiderme interna. Escala: 500 μ m.

As células colenquimatosas apresentam espessamentos nas paredes. O parênquima ocupa a maior fração do mesocarpo, é formado por células grandes, bem vacuoladas e com paredes mais delgadas (ROTH, 1977). Nele são observados os feixes vasculares (FV). Com o avanço do período pós-colheita observou-se que as células parenquimáticas também apresentaram espessamentos desiguais de suas paredes celulares, conferindo-lhes um aspecto colenquimatoso (figuras 8.1.A, 8.1.B e 8.1.C), não havendo uma clara distinção entre os dois tecidos. Não foi observada a presença de paredes secundárias.

Todos os tecidos apresentaram disposição uniforme 16 dias após a colheita (figura 8.2.D). Esse comportamento provavelmente tem relação com o fato dos frutos possuírem o alelo mutante *ripening inhibitor (rin)*, reduzindo a transcrição da poligalacturonase, enzima que tem sua atividade relacionada à solubilização das pectinas e, conseqüentemente ao amaciamento dos frutos durante o amadurecimento (RESENDE et al., 2004).

O fruto analisado no 24º dia após a colheita apresentou degradação dos tecidos (figura 8.2.E), notando-se rupturas celulares, principalmente nos tecidos colenquimatoso e parênquima. Também foi observada a diminuição da adesão intercelular. Tais processos de degradação celular em tomates também foram observados por Chu; Thompson (1972), e são eventos esperados para frutos suculentos, pois gera um aumento do amaciamento característico durante o amadurecimento e a senescência (HARKER et al., 1997; WAKABAYASHI, 2000).

O processo responsável pelo aumento do amaciamento do fruto é a solubilização das pectinas, que estão na lamela média, separando paredes celulares vizinhas de células parenquimáticas. Durante a degradação há uma alteração da estrutura celular dos tecidos (HARKER et al., 1997; HOBSON, 1968; JACKMAN; STANLEY, 1995). Schur (1987) atribui ao amadurecimento as alterações nas características estruturais tais como: espessura da parede celular, tamanho, formato das células e volume dos espaços intercelulares. Estas degradações conduzem a perda de turgor do tecido vegetal (JACKMAN et al., 1992).

A lesão de 1,5mm atingiu os seguintes tecidos: epiderme externa, tecido colenquimatoso e parte do parênquima, não alcançando a epiderme interna (figuras 9.1 e 9.2). Foi observada uma adesão das paredes celulares mortas (pm) às células adjacentes durante todo o período de coleta das amostras.

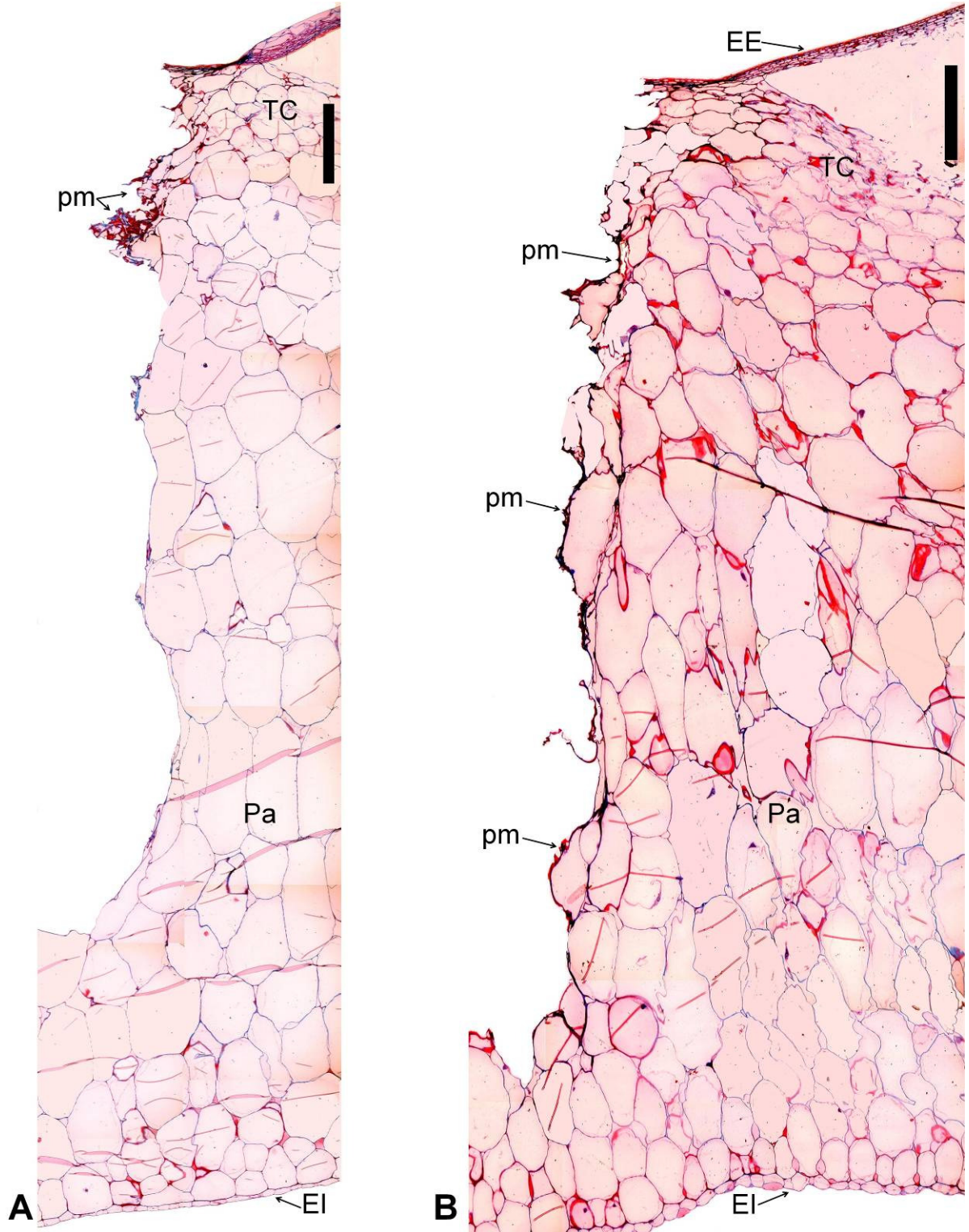


Figura 9.1. Tecidos do epicarpo e mesocarpo de tomates 'Carmen' lesionados por punção de 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: A) 4 dias. B) 6 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; EI: Epiderme interna; pm: paredes celulares mortas. Escala: 500 μ m.

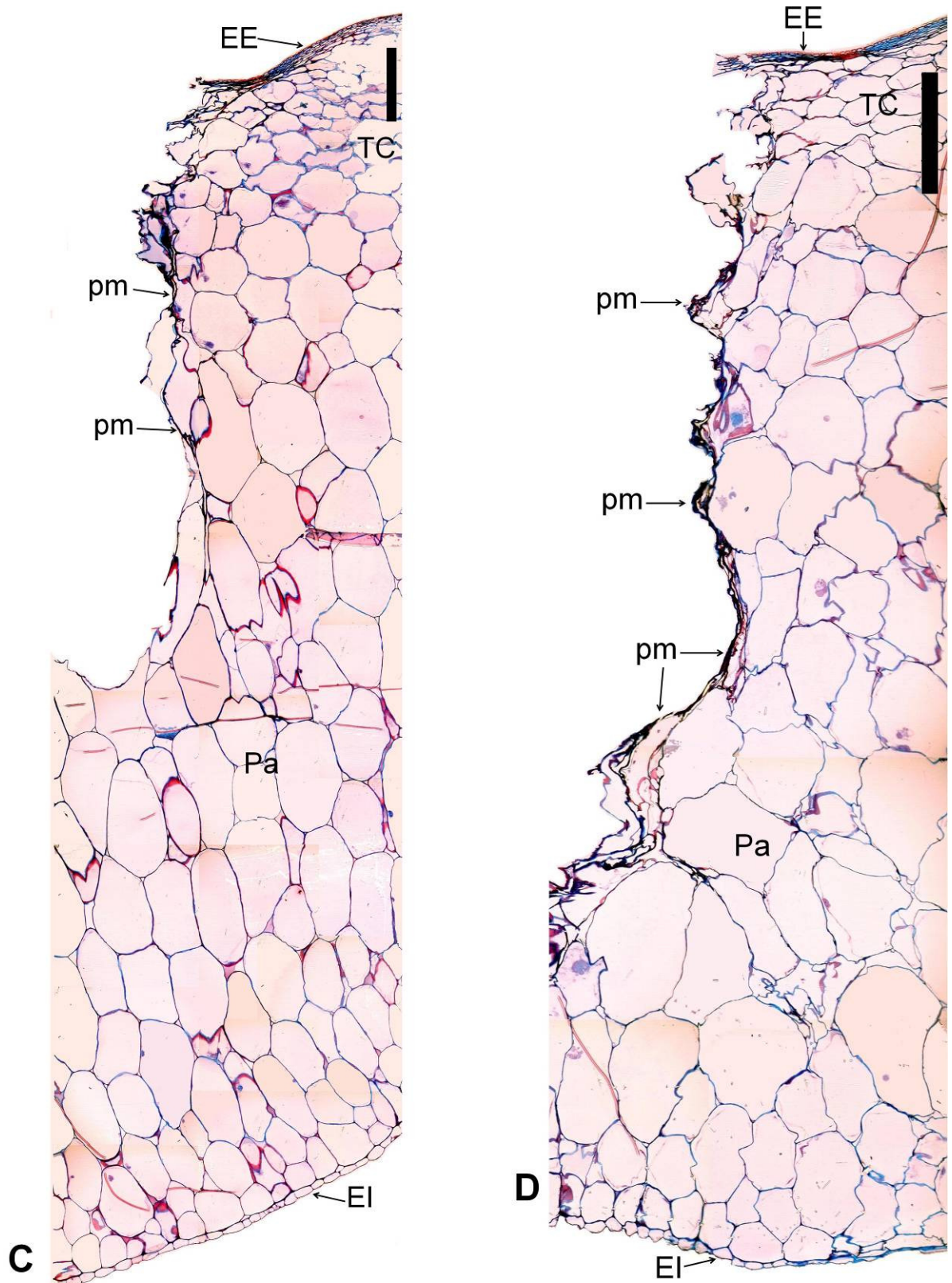


Figura 9.2. Tecidos do epicarpo e mesocarpo de tomates 'Carmen' lesionados por punção de 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: C) 16 dias. D) 24 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; EI: Epiderme interna; pm: paredes celulares mortas. Escala: 500 μ m.

Nos frutos submetidos à lesão de 3,5mm (figura 10) também foi observada a aderência das paredes celulares mortas (pm) às células adjacentes durante todo o período de coleta das amostras.

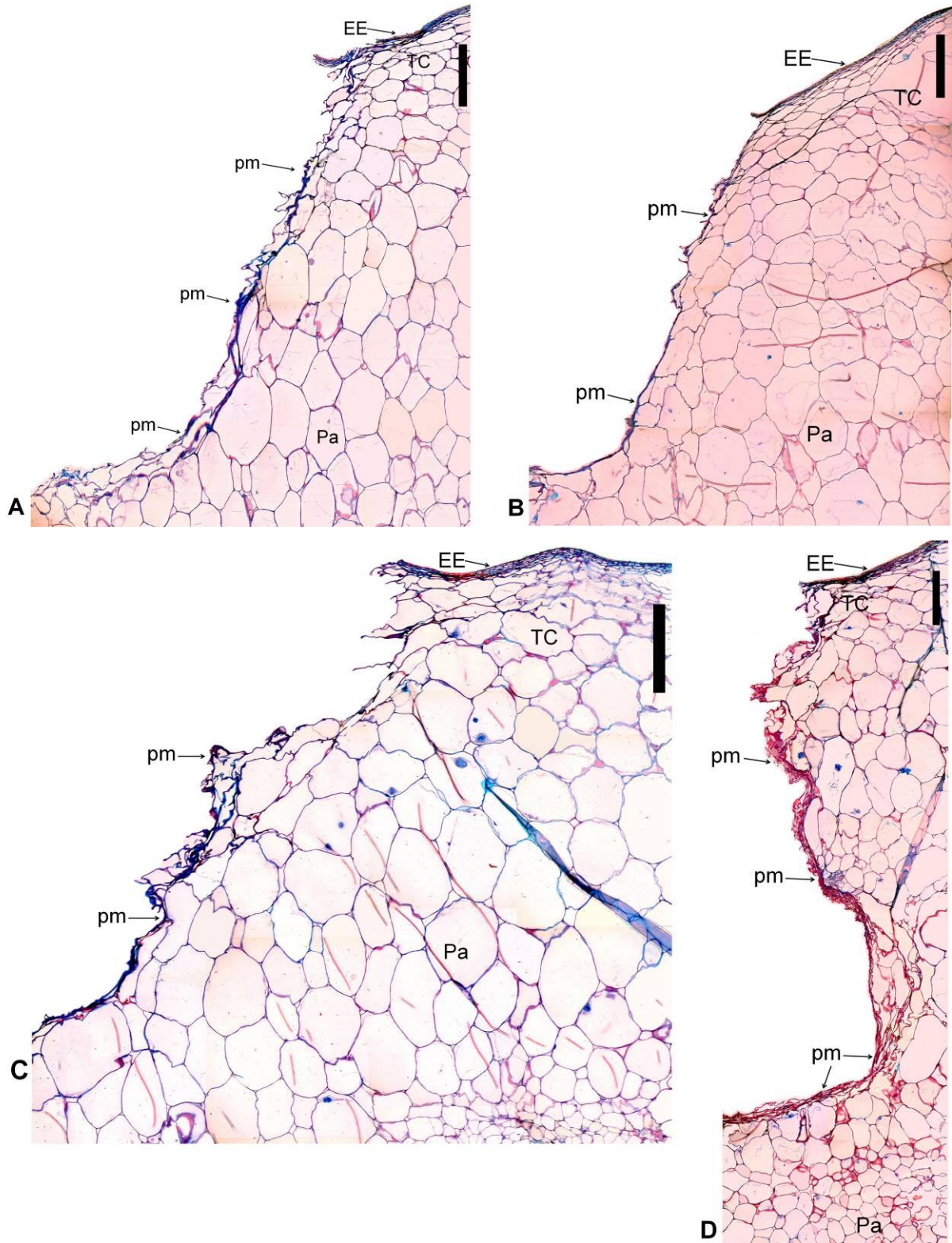


Figura 10. Tecidos do epicarpo e mesocarpo de tomates 'Carmen' lesionados por punção de 3,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: C) 16 dias. D) 24 dias. EE: Epiderme externa; TC: Tecido Colenquimatoso; Pa: Parênquima; pm: paredes celulares mortas. Escala: 500 μ m.

Nos frutos lesionados com a punção de maior diâmetro (3,5mm) a camada de células mortas aderida se mostrou mais espessa que no tecido com a lesão menor (1,5mm). Apesar disso, não houve uma reação característica nos tecidos vivos dos frutos lesionados, indicando que durante o PI não há resposta fisiológica à lesão.

A ausência de respostas fisiológicas em tomates pode ser explicada pelo fato do amadurecimento dos frutos carnosos ser um dos indícios de que as sementes armazenadas já estão prontas para serem dispersas (TAIZ; ZEIGER, 2009). Com isso, durante o amadurecimento e senescência, além dos processos já citados, também ocorre metabolização de ácidos graxos, amido e óleos em açúcar. Isso torna os frutos mais palatáveis e atrativos aos animais, que os comem e dispersam suas sementes (RAVEN et al., 2007). Portanto é provável que o fruto não possua um mecanismo de reação a uma lesão mecânica sofrida após seu desenvolvimento completo, uma vez que sua função maior é a proteção e dispersão das sementes, e em tal estágio do fruto as sementes já se encontram aptas à germinação.

No entanto pode-se supor que a aderência das paredes celulares mortas às células intactas forme uma barreira à perda de água na região durante o PI, o que caracterizaria um PI até o quarto dia após a colheita (figuras 9.1.A e 10.A). Nas figuras 9.2.D, 10.C e 10.D (lesões 1,5 e 3,5mm, respectivamente) observa-se uma espessa camada de paredes celulares mortas aderida àquelas saudáveis.

Na figura 11 é proposto um esquema para melhor entendimento do PI.

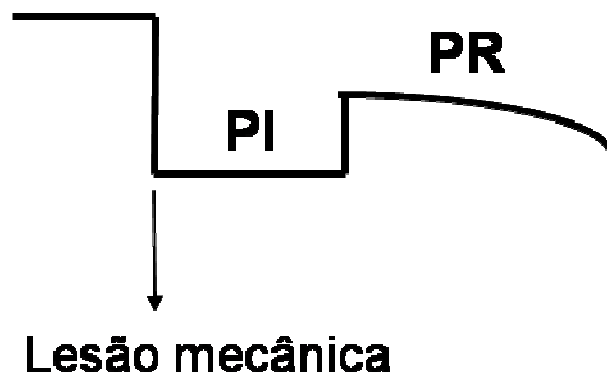


Figura 11. Esquema simplificado do comportamento das hortaliças submetidas à lesão mecânica por punção. Tal evento se soma à tendência da senescência da hortaliça. PI: Período de Instabilidade. PR: Período de Reação.

No início do PI o tomate sofre a lesão, gerando um estresse fisiológico, e esboça uma reação, no caso o início do acúmulo de paredes celulares mortas a partir do quarto dia após a colheita. Após desse período, foi identificado o Período de Reação (PR), no qual há

um aumento da aderência das paredes mortas às células sadias. É importante ressaltar que os resultados observados são somados à senescência natural do fruto de tomate.

Trabalhos futuros poderão verificar se na região danificada há algum tipo de resposta fisiológica, além da aderência das paredes celulares mortas, que não pôde ser identificada com as técnicas utilizadas no presente estudo.

Todas as amostras foram submetidas ao mesmo processamento para estudo histológico, contudo foi observado que em algumas houve ruptura dos tecidos subepidérmicos, (figuras 8.1.B a 8.2.E, 9.1.A a 9.2.C, 10.B e 10.C), além de rebaixamento da borda da região lesionada (figuras 9.2.C, 10.A e 10.B), resultando em artefatos da técnica.

COUVE-MANTEIGA

Na figura 12 observa-se o comportamento dos tecidos de folhas de couve-manteiga durante nove dias (figuras 12.1.A a 12.2.I), e no 14° dia após a colheita (figura 12.2.J) em seção transversal.

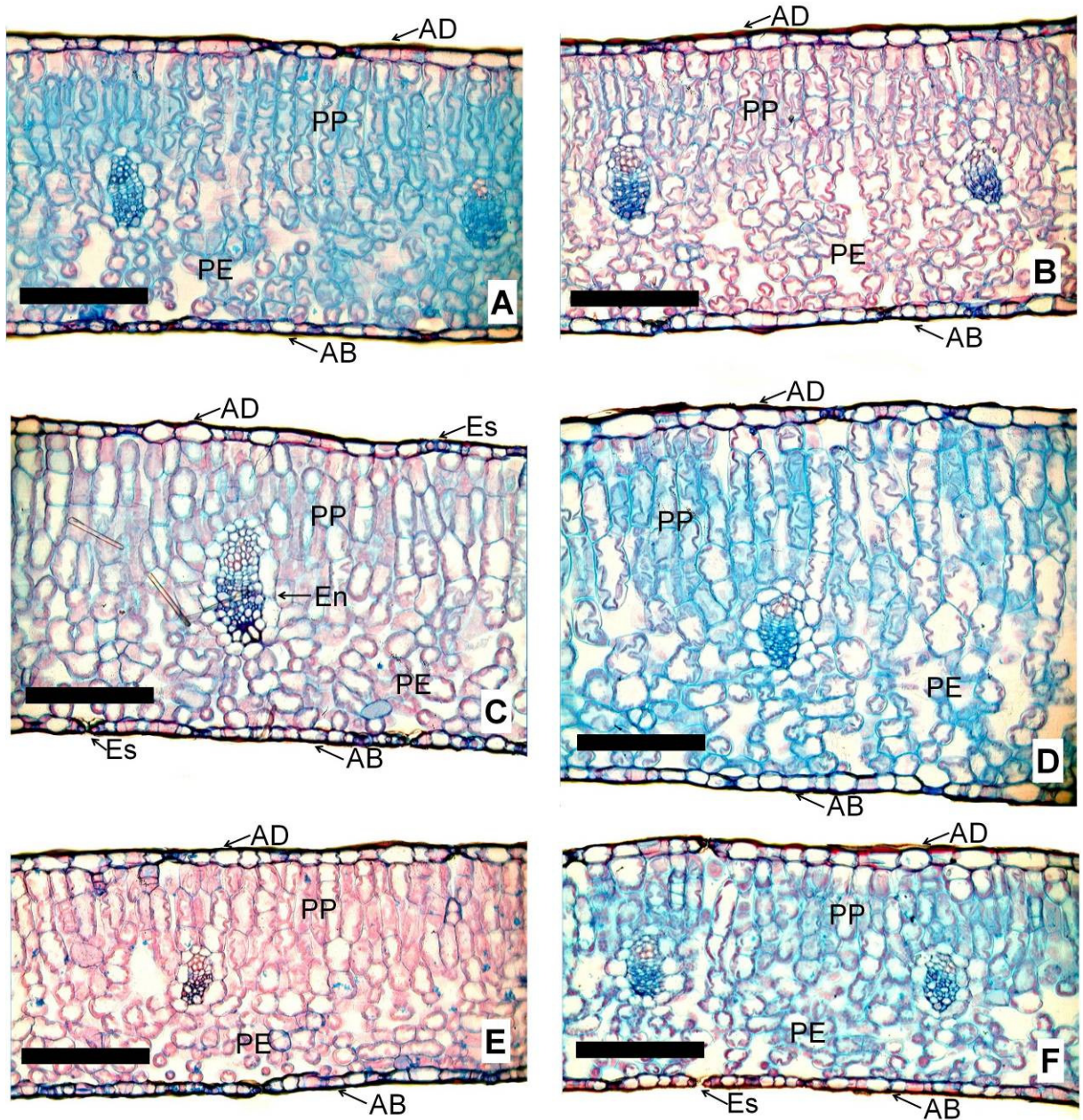


Figura 12.1. Tecidos foliares da couve-manteiga. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 2 dias. C) 3 dias. D) 4 dias. E) 5 dias. F) 6 dias. AD: Epiderme da face adaxial; PP: Parênquima paliádico; PE: Parênquima esponjoso; AB: Epiderme da face abaxial; Es: Estômatos; En: endoderme. Escala: 150 μ m. Corte transversal.

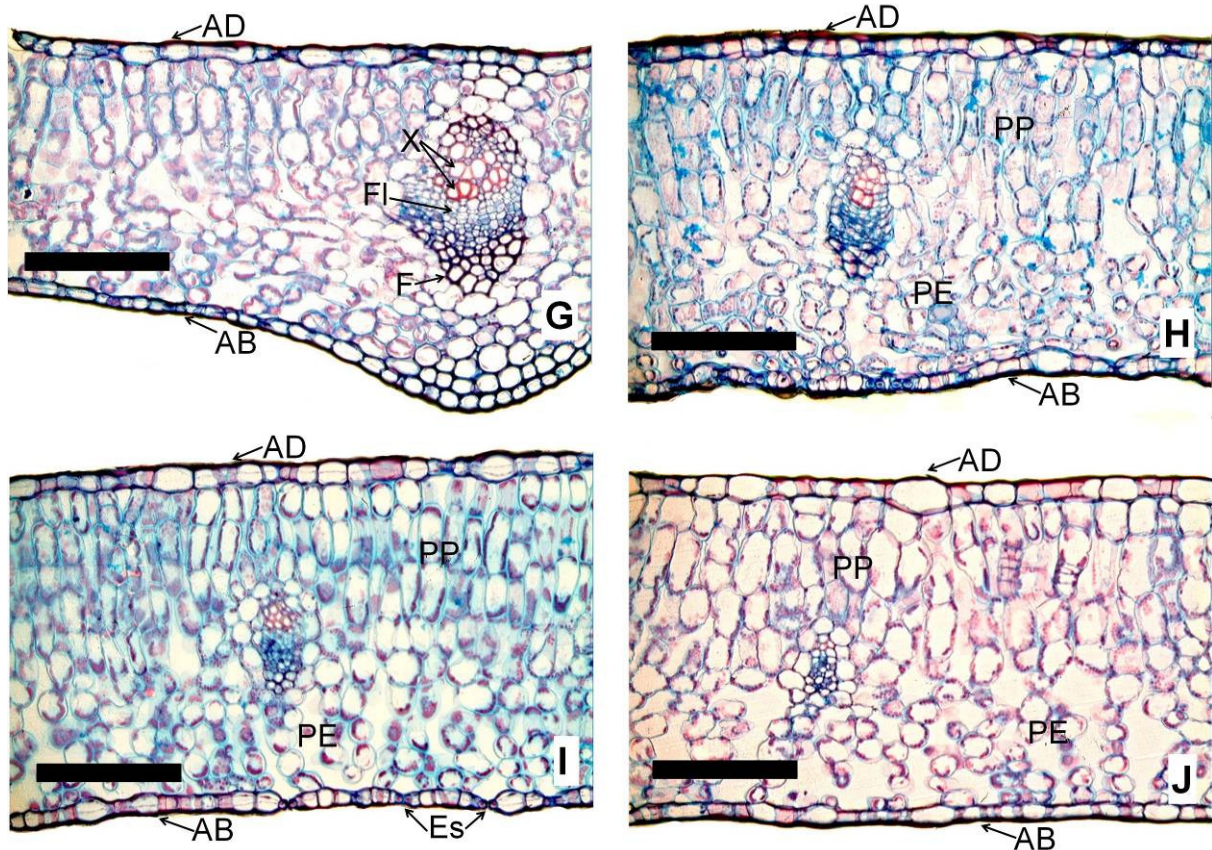


Figura 12.2. Tecidos foliares da couve-manteiga. Período de armazenagem após a colheita: G) 7 dias. H) 8 dias. I) 9 dias. J) 14 dias. AD: Epiderme da face adaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; AB: Epiderme da face abaxial; Es: Estômatos; X: Xilema; FI: Floema; F: Fibras. Escala: 150µm. Corte transversal.

O tecido fundamental da folha, região fotossintética também chamada de mesófilo, é envolto pela epiderme com cutícula da face adaxial (AD) e da face abaxial (AB). As células da epiderme apresentam estrutura compacta. A folha é do tipo anfiestomática, uma vez que possui estômatos (Es) em ambas as faces (figura 12.1.C).

O mesófilo é formado por três a quatro camadas de parênquima paliçádico (PP), que possui células colunares, e pelo parênquima esponjoso (PE), constituído por células com formato irregular. Na figura 12.1.C é possível observar a endoderme (En) revestindo os feixes vasculares, que estão localizados na região de transição entre o parênquima paliçádico e o esponjoso. Estes são formados pelo xilema (X), floema (FI) e fibras (F) que formam a bainha do feixe (figura 12.2.G).

Os tecidos apresentaram poucas alterações durante a senescência, sendo que a principal delas foi a degradação mais intensa dos cloroplastos a partir do 7º dia (figura 12.2.H), que pode ser observada pelo aumento de pontoações dentro das células do mesófilo.

A estrutura compacta das células da epiderme foliar e a cutícula conferem sustentação às folhas (RAVEN et al., 2007). Essa sustentação também é influenciada pela

distribuição de estômatos nas duas faces que, em conjunto com a cutícula, aumentam o controle da perda e absorção de água pelas folhas de couve-manteiga (RODRIGUES, 2003).

No período estudado foi possível observar a degradação dos cloroplastos, pois são as primeiras estruturas a serem degradadas (TAIZ; ZEIGER, 2009). A senescência foliar também é caracterizada pela remoção de íons como magnésio, aminoácidos e açúcares, pelo corpo caulinar da planta antes da abscisão foliar (RAVEN et al., 2007). As paredes celulares sofrem deterioração em estádios mais tardios da senescência do que os observados no presente trabalho, uma vez que os nucléolos, que sinalizam a síntese de enzimas degradativas, permanecem estrutural e funcionalmente intactos em tais períodos (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Na figura 18 são dispostas as imagens dos tecidos lesionados por punção de 1,5mm. A lesão (L) foi transversal em relação à lâmina foliar, atingindo todos os tecidos, desde a epiderme na face adaxial (AD) até a face abaxial (AB) (figura 13.1.A).

A partir do segundo dia observa-se uma região mais corada próxima à lesão (figura 13.1.B), formada pelo acúmulo de mucilagem (Mu). A deposição da mucilagem foi maior e mais profunda no decorrer dos dias, como é possível acompanhar nas figuras de 13.1.D a 13.2.J.

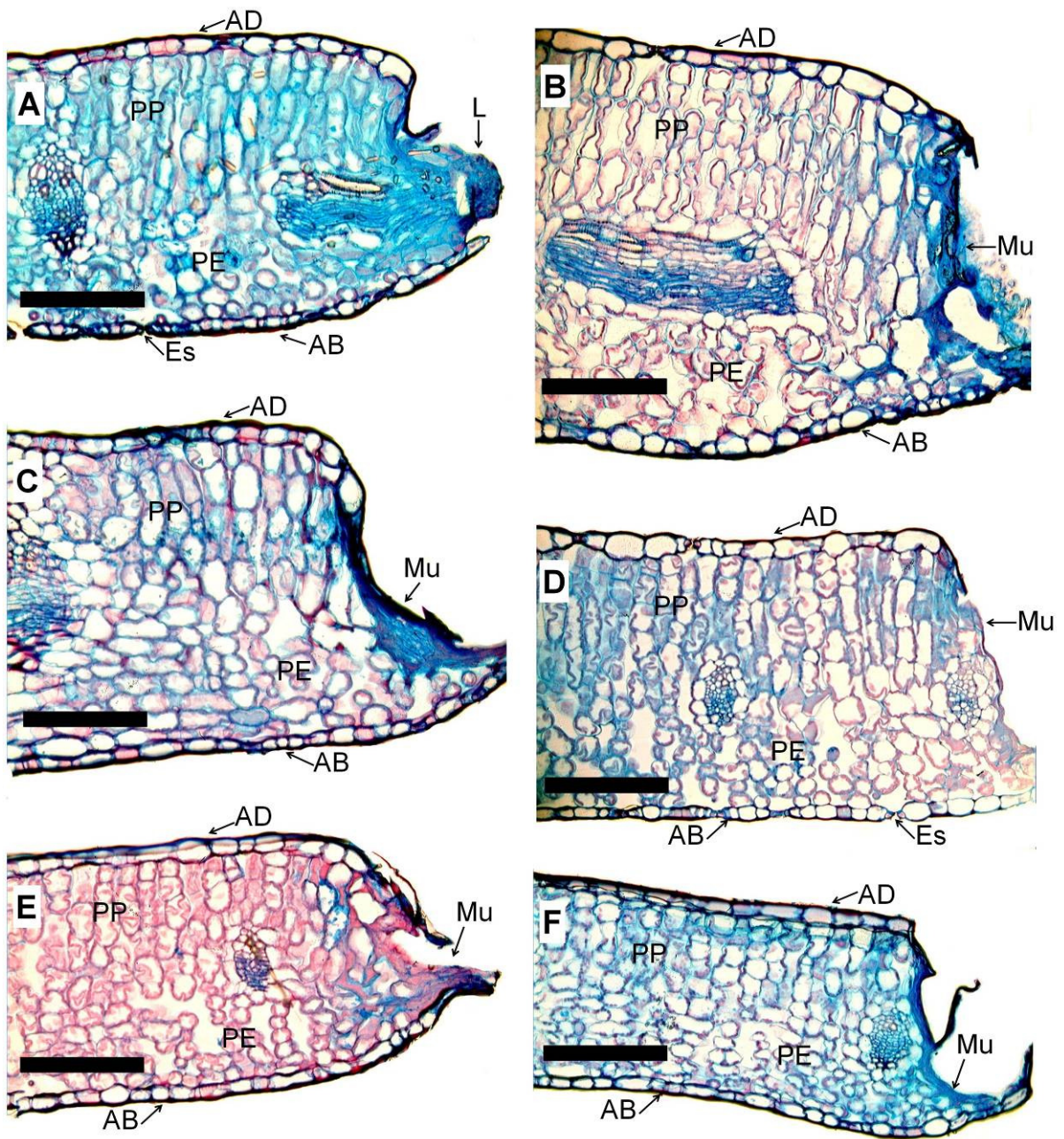


Figura 13.1. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 2 dias. C) 3 dias. D) 4 dias. E) 5 dias. F) 6 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliádico; PE: Parênquima esponjoso; L: região da lesão; Es: Estômatos; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem. Escala: 150 μ m. Corte transversal.

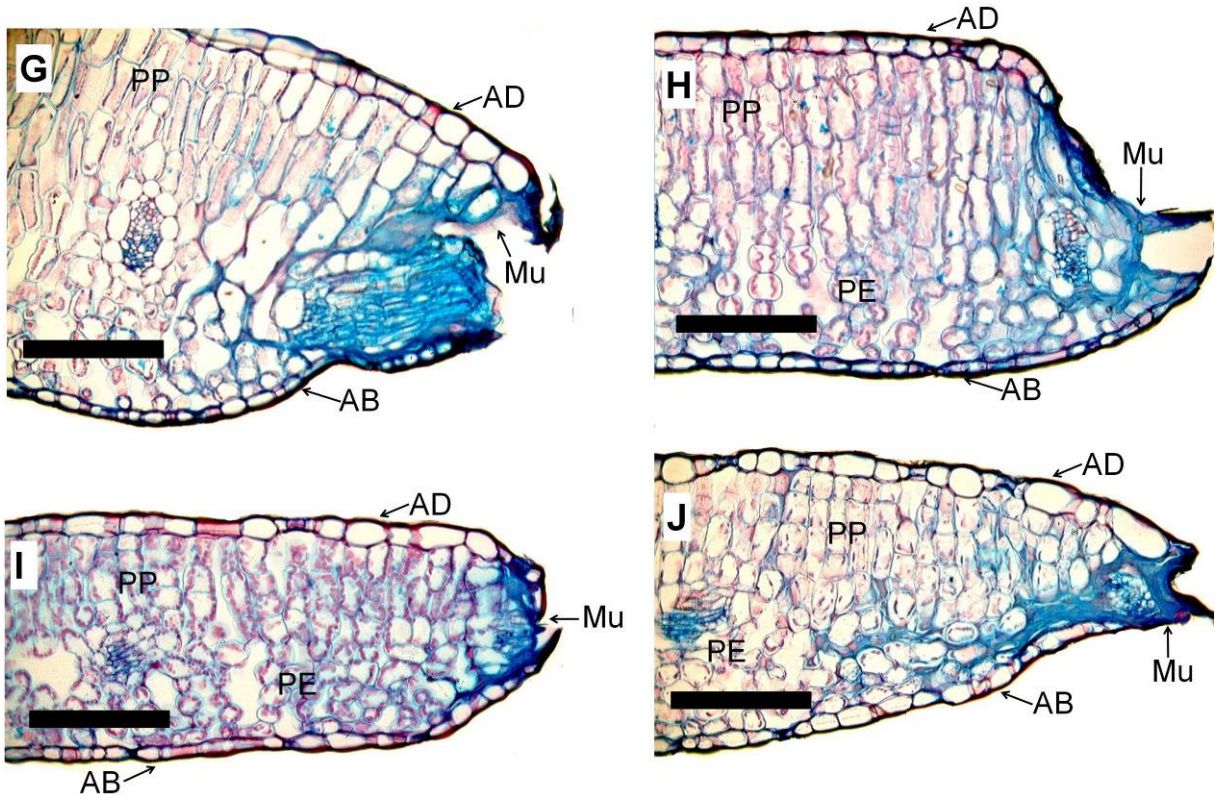


Figura 13.2. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 1,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: G) 7 dias. H) 8 dias. I) 9 dias. J) 14 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliçádico; PE: Parênquima esponjoso; L: região da lesão; Es: Estômatos; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem. Escala: 150 μ m. Corte transversal.

Nas folhas lesionadas por punção de 3,5mm é observado o acúmulo de mucilagem (Mu) na região corada mais intensamente (figura 14.1.B). Nas figuras de 14.1.D a 14.2.J é possível observar uma maior deposição da mucilagem.

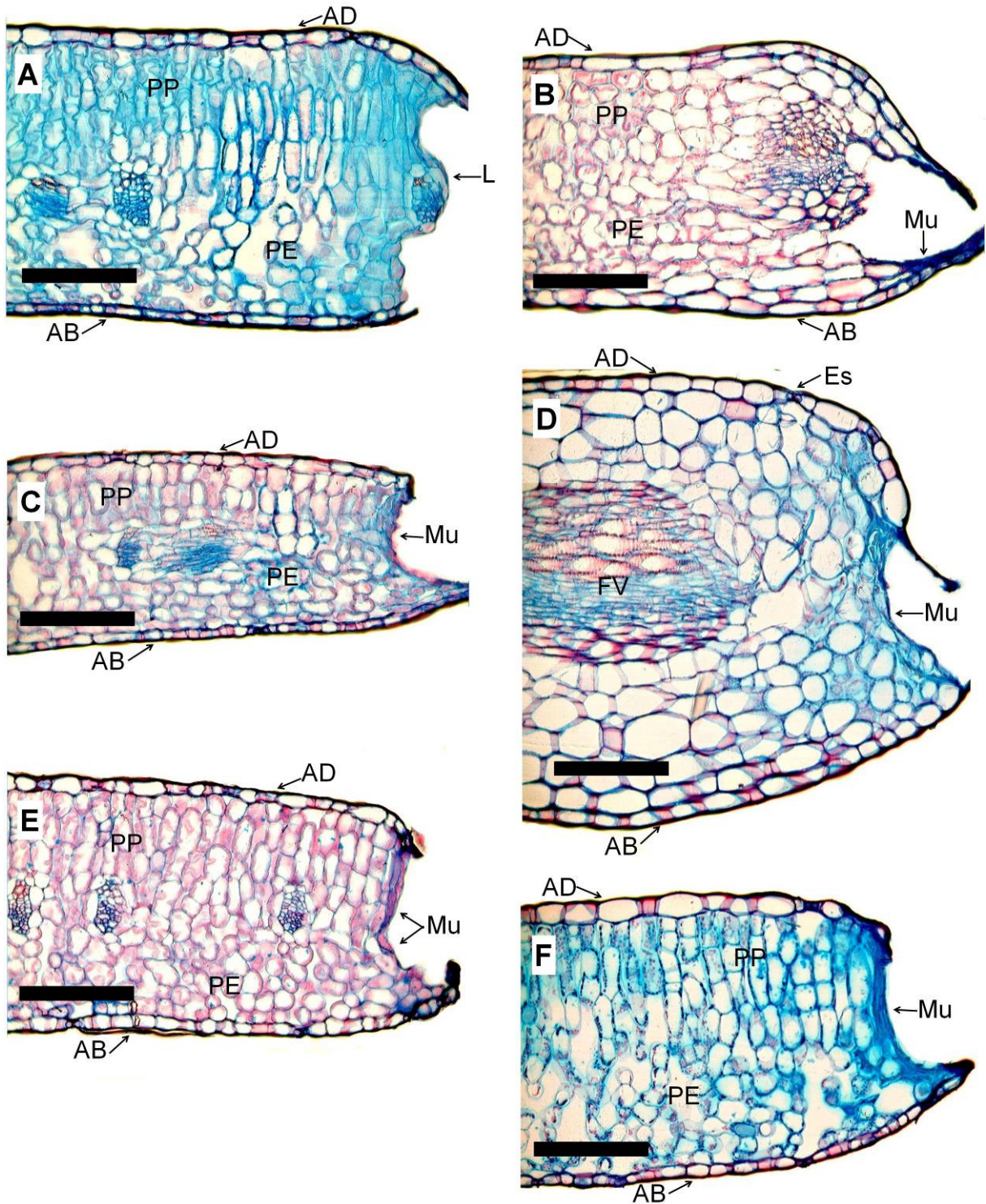


Figura 14.1. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 3,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: A) 1 dia. B) 2 dias. C) 3 dias. D) 4 dias. E) 5 dias. F) 6 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliádico; PE: Parênquima esponjoso; L: região da lesão; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem; Es: Estômatos; FV: Feixes Vasculares. Escala: 150µm. Corte transversal.

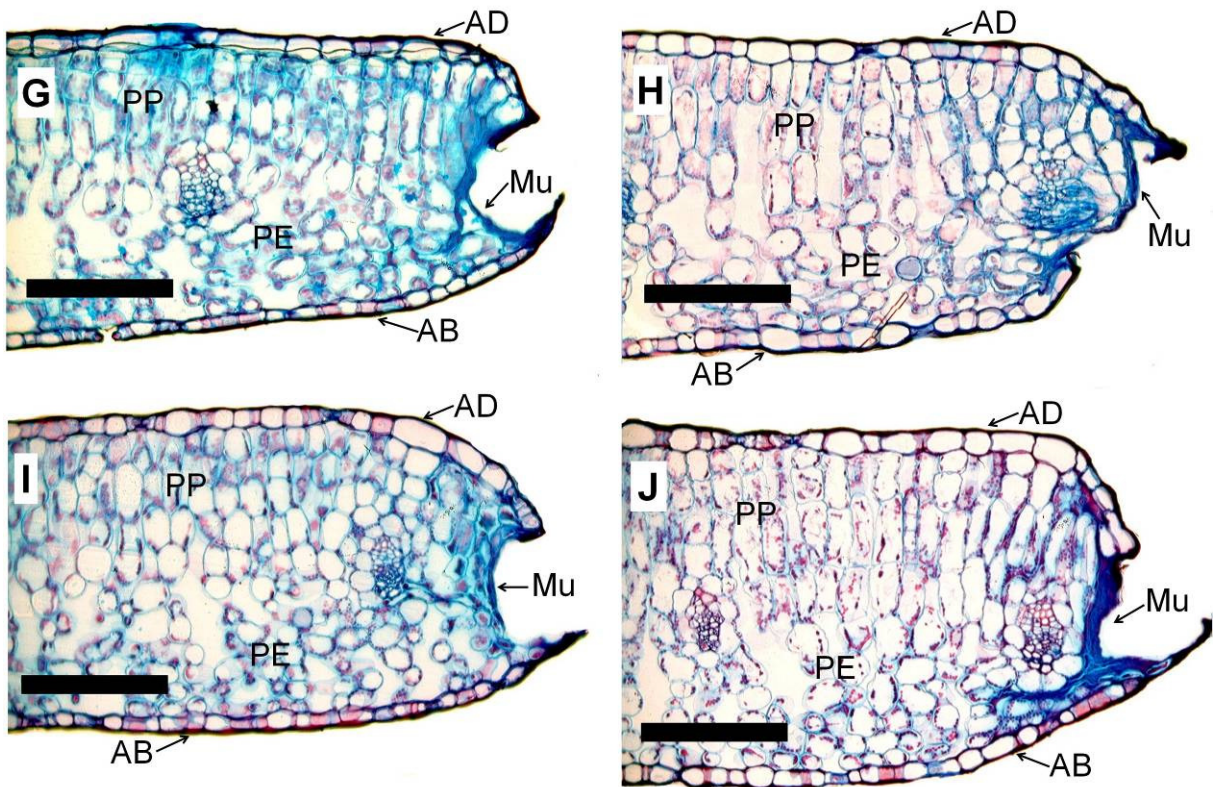


Figura 14.2. Tecidos de folhas da couve-manteiga lesionadas por punção com 3,5mm de diâmetro. Período de armazenagem após a colheita: G) 7 dias. H) 8 dias. I) 9 dias. J) 14 dias. AB: Epiderme da face abaxial; PP: Parênquima paliádico; PE: Parênquima esponjoso; AD: Epiderme da face adaxial; Mu: Mucilagem. Escala: 150 μ m. Corte transversal.

Utilizando-se o corante vermelho de rutênio foi possível confirmar e evidenciar o acúmulo de mucilagem na região lesionada (figura 15, GREGORY; BAAS, 1989).

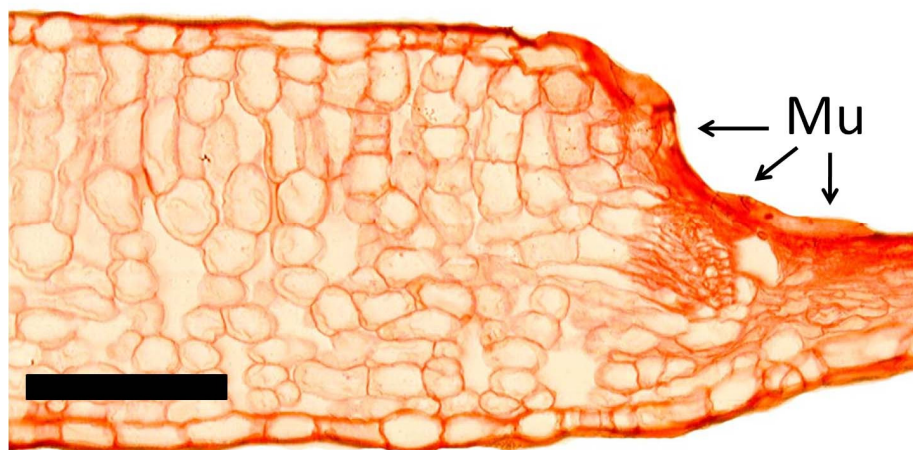


Figura 15. Acúmulo de mucilagem na região lesionada da folha de couve-manteiga após 3 dias de armazenagem. Mu: Mucilagem. Escala: 150 μ m. Corte transversal.

O acúmulo da mucilagem nas regiões lesionadas pode ser considerado uma resposta do órgão à lesão, indicando que o PI nas folhas de couve apresenta uma reação

fisiológica. O PI das folhas de couve-manteiga, que seria o período a partir do qual o órgão sofre a lesão, gerando um estresse fisiológico, e esboça uma reação, no caso, foi o início do acúmulo de mucilagem entre o primeiro e o segundo dia após a colheita. Após desse período, foi identificado o Período de Reação (PR), no qual há um aumento do acúmulo, que perdura até o décimo quarto dia. É importante ressaltar que os resultados encontrados são somados à senescência natural das folhas.

A mucilagem é formada por um complexo de polissacarídeos, estando presente em alguns vegetais como uma camada extracelular ou no interior das células. Ela se comporta como uma massa semi-sólida, e pode ser observada nos mais variados órgãos vegetais, raízes, galhos, folhas, flores e sementes (GILLETTE, 1939). Segundo Agrios (1997) e Silveira; Higashi (2003) em geral a mucilagem é depositada em ferimentos, como forma de resistência a patógenos, mas também são sintetizadas naturalmente em algumas plantas.

Em algumas espécies a mucilagem recobre toda a superfície foliar, reduzindo a transpiração e aumentando a capacidade de retenção de água pelas células (FAHN, 1979; GILLETTE, 1939; ROCHA et al., 2002). Outra característica do complexo de polissacarídeos é a sua hidrofília, que o torna viscoso em contato com a água (SCOTT; BYSTROM, 1970), retendo-a e funcionando como reservatório (EAMES e MacDANIELS, 1925; GILLETTE, 1939; HABERLANDT, 1928 *apud* ROCHA et al., 2002;).

A mucilagem pode ser classificada em: celulósica, devido à presença de celulose; pectósica, caracterizada pelas pectinas em sua estrutura; e calósica, caracterizada pela presença de calose. Para classificação das mucilagens são utilizados testes histoquímicos (MANGIN, 1905 *apud* GILLETTE, 1939). Além da presença dos polissacarídeos que determinam sua classificação, a hidrólise das mucilagens resulta em diversas outrasoses, sendo algumas: arabinose, galactose, glucose, manose e xilose (DIKEVAR et al., 2006).

A mucilagem observada no estudo foi corada de encarnado pelo vermelho de rutênio (figura 15), o que a classifica como pectósica (MANGIN, 1905 *apud* GILLETTE, 1939) e conseqüentemente, como mucilagem de ácido urônico. Esse tipo de mucilagem apresenta como característica a formação de gel quando em contato com a água fria (BARRACA; MINAMI, 1999). Essa classificação também é comum dentre as mucilagens vegetais que apresentam propriedades medicinais.

Com base nos trabalhos citados, é possível considerar que o acúmulo de mucilagem na lesão de folhas de couve-manteiga exerça uma função de proteção contra ataque de microrganismos contaminantes, bem como seja uma forma de resistência da folha para evitar a perda excessiva de água na região lesionada durante o Período de Instabilidade (PI) (figura 11).

Além do observado neste trabalho, a mucilagem também pode ser encontrada em outras espécies da família das brassicáceas, como nas sementes da mostarda branca, onde

possuem a função de embeber as substâncias necessárias à germinação da semente (GILLETTE, 1939). A mucilagem está presente em grande quantidade em inúmeras plantas utilizadas para fins medicinais, entre elas, a babosa e o guaco (BARRACA; MINAMI, 1999), das quais é extraída para uso medicinal com função anti-inflamatória, laxativa, anti-diarréica e anti-diabética (ABREU et al., 2002).

As lâminas das folhas controle e dos dois tratamentos apresentaram nuances distintas de coloração dentro de um mesmo grupo, e entre os tratamentos, devido à artefatos da técnica.

CONCLUSÕES

- ✓ Tecidos de tomates 'Carmen' sadios têm sua integridade preservada até o 16º dia após a colheita quando armazenados sob temperatura ambiente (25°C);
- ✓ Os tecidos lesionados do tomate apresentaram PI com adesão das paredes celulares mortas às células sadias a partir do 4º dia após a colheita;
- ✓ Folhas de couve-manteiga sadias armazenadas a 5°C mostraram o início da degradação de suas estruturas celulares apenas sete dias após a colheita;
- ✓ As folhas lesionadas apresentam PI com resposta fisiológica, caracterizada pelo acúmulo de mucilagem de ácido urônico na região lesionada após dois dias da colheita.

REFERÊNCIAS

- ABREU, I.N. PINTO, J.E.B.P.; FURTINI NETO, A.E.; BERTOLUCCI, S.K.V.; LADEIRA, A.; GEROMEL, C. Nitrogênio e fósforo na produção vegetal e na indução de mucilagem em plantas de insulina. **Hortic. Bras.** vol.20, n.4, p. 536-540, 2002.
- AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. 4 ed. USA, Academic Press. 1997.
- ALLENDE, A.; DESMET, M.; VANSTREELS, E.; VERLINDEN, B.E.; NICOLAI, B.M. Micromechanical and geometrical properties of tomato skin related to differences in puncture injury susceptibility. **Postharvest Biology and Technology**, n. 34, p.131–141. 2004.
- ARDUIN, M.; KRAUS, J.E. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Ed. Universidade Rural, 1997.
- BARRACA, S.A; MINAMI, K. **Manejo e produção de plantas medicinais e aromáticas**. Escola Superior de Agricultura Luíz de Queiroz - ESALQ, USP. 49p. 1999.
- BISCEGLI, C.I.; FRANCO, R.W. de A.; TANNUS, A.; COLNAGO, L.A. Use of magnetic resonance and spectroscopy in tropical fruits: challenges and opportunities. In: CRUVINEL, P. E.; COLNAGO, L. A. (Ed.) **Advances in agricultural tomography**. São Carlos: Embrapa Agricultural Instrumentation, p. 77-78, 2000.
- BRON, I.U.; JACOMINO, A.P.; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B. Alterações anatômicas e físico-químicas associadas ao armazenamento refrigerado de pêssegos 'Aurora – 1' e 'Dourado – 2'. **Pesq. agopec. bras.**, Brasília, v.37, n.10, p.1349-1358, out. 2002.
- CAMPOS, F.M. **Avaliação de práticas de manipulação de hortaliças visando a preservação de vitamina C e carotenóides**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição). Universidade Federal de Viçosa, 92p., 2006.
- CHU, M.C.; THOMPSON, A.E. Comparative anatomy of pericarps of four tomato mutants. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.97, n.4, p. 478-481, 1972.
- CLARK, C.J.; RICHARDSON, A.C.; MARSH, K.B. Application of magnetic resonance imaging to pre- and post-harvest studies of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v.11, p.1-21, 1997.
- COAKLEY, S.M.; CAMPBELL, R.N.; KIMBLE, K.A. Internal rib necrosis and rusty Brown discoloration of 'Climax' lettuce induced by lettuce mosaic virus. **Phytopathology**, v.63, p.1191-1197, 1973.
- CUMMINGS, K.; SCHROEDER, C.A. Anatomy of avocado fruit. **California Avocado Society Yearbook**, v.27, p.56-64, 1942.
- DIKEVAR, V.B.; KALASKAR, M.G.; CHOUGULE, P.D.; REDASANI V.K. BAHETI, D.G. Isolation and characterization of mucilage from *Lepidium sativum* Linn. Seeds. **International Journal of Pharma. Research & Development**, v.2, n.1, p.1-5, 2006.

- FAHN, A. **Secretory tissues in plants**. London, Academic Press. 302 p.il. 1979.
- FERRI, M.G.; MENEZES, N.L.; MONTEIRO-SCANAVACCA, W.R. **Glossário ilustrado de Botânica**. Ed. Da Universidade de São Paulo, 211p. 1978.
- GILLETTE, L.A. **The composition and structure of the mucilage from wild Indian wheat, *Plantago fastigiata*, T.** Thesis (Master of Science). University of Arizona. 44p. 1939.
- GREGORY, M.; BAAS, P. A survey of mucilage cells in vegetative organs of the dicotyledons. **Israel Journal of Botany**, v.38, p.125-174, 1989.
- HARKER, F.R.; REGWELL, R.J.; HALLETT, I.C.; MURRAY, S.H. Texture of fresh fruit. **Horticultural Reviews**, v.20, p.121-224, 1997.
- HOBSON, G.E. Cellulase activity of tomato fruit. **Journal of Food Science**, v.33, p.588-592, 1968.
- ILKER, R.; SZCZESNIAK, A. Structural and chemical bases for texture of plant food stuffs. **Journal of Texture Studies** v.21, p.1-36. 1990.
- JACKMAN, R.L.; MARANGONI, A.G.; STANLEY, D.W. The effects of turgor pressure on the puncture and viscoelastic properties on tomato tissue. **Journal of Texture Studies**, v.23, p.491-505, 1992.
- JACKMAN, R.; STANLEY, D.W. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.6, p.187-194, 1995.
- JOHANSEN, D.A. **Plant microtechnique**. New York, McGraw-Hill Book Co. Inc. 523p. 1940.
- KARSBURG, I.V.; SILVA, D.J.H.; CARVALHO, C.R. Identificação morfológica de acessos de *Lycopersicon*. **Anais do 44º Congresso Brasileiro de Olericultura**. 2004.
- KIM, H.O.; LEE, S.K.; SALTVEIT, M.E. Effects of curing and storage conditions on processing quality in potatoes. **Acta Horticulturae**, v. 343, p. 73-76, 1993.
- KONSTANKIEWICZ, K., PAWLAK, K., ZDUNEK, A. Influence of structural parameters of potato tuber cells on their mechanical properties. **Int. Agrophys**, v.15, p.243-246. 2001.
- LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G. **Armazenamento de hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças. 242p. 2001.
- MARTINS, M.B.G.; CASTRO, P.R.C. Aspectos morfoanatômicos de frutos de tomateiro cultivar Ângela Gigante, submetidos a tratamentos com reguladores vegetais. **Bragantia**, v.56, n.2, p.225-236, 1997.
- MOLAS, J. Changes in morphological and anatomical structure of cabbage (*Brassica oleracea* L.) outer leaves and in ultrastructure of their chloroplasts caused by an in vitro excess of nickel. **Photosynthetica**, v.34, n.4, p.513-522, 1997.
- NATALE, W.; PRADO, R.M.; MÔRO, F.V. Alterações anatômicas induzidas pelo cálcio na parede celular de frutos de goiabeira. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.40, n.12, p.1239-1242, dez. 2005.

OGNJANOV, V.; VUJANIC-VARGA, D.; MISIC, P.D.; VERESBARANJI, I.; MACET, K.; TESCOVIC, Z.; KRSTIC, M.; PETROVIC, N. Anatomical and biochemical studies of fruit development in peach. **Scientia Horticulturae**, v.64, p.33-48, 1995.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal**. 7ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 830p. 2007.

RAWLINS, T.E.; TAKAHASHI, W.N. **Technics of plant histochemistry and virology**. The National Press, Milbrae. 1952.

RESENDE, J.M.; CHITARRA, M.I.F.; MALUF, W.R.; CHITARRA, A.B.; SAGGIN JÚNIOR, O.J. Atividade de enzimas pectinametilsterase e poligalacturonase durante o amadurecimento de tomates do grupo multilocular. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.2, p.206-212, abril-junho 2004.

ROCHA, J.F.; NEVES, L.J.; PACE, L.B. Estruturas secretoras em folhas de *Hibiscus tiliaceus* L. e *Hibiscus pernambucensis* Arruda. **Revista. Universidade. Rural, Série. Ciências da Vida**, v.22, n.1, p.43-55, 2002.

RODRIGUES, J.D. Fisiologia vegetal e sua importância na tecnologia de aplicação de defensivos. **Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p.59-61, jan./dez., 2003.

ROJAS, A.M.; CASTRO, M.A.; ALZAMORA, S.M.; GERSCHENSON, L.N. Turgor pressure effects on textural behavior of honeydew melon, **Journal of Food Science**, v. 66, n.1, p.111-117, 2001.

ROTH, I. **Fruits of Angiosperms**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 66p. 1977.

SCHUR, S. **Texture integrity: Challenge for research and development**. In: Food texture: instrumental and sensory measurement. (Ed.) Moskowitz H.R, New York: Marcel Dekker Inc. p. 273-292, 1987.

SCOTT, F. M.; BYSTROM, B.G. Mucilaginous idioblasts in Okra, *Hibiscus esculentus* L. In: ROBSON, N.K.B; CUTLER, D.F.; GREGORY, M. **New research in plant anatomy**. London, Academic press, p. 15-24, 1970.

SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N. **Aspectos nutricionais envolvidos na ocorrência de doenças com ênfase para o eucalipto**. Circular técnica 200. IPEF, 15p. 2003.

ST-AMAND, P.C.; RANDLE, W.M. Ethylene production and wound healing in sweet potato roots. **HortScience**, v.24, n.5, p.805-807, 1989.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed. 848p. 2009.

USDA. **United States Standard for grades of fresh market tomatoes**. Washington: USDA, Agricultural Marketing Service, 1976.

WAKABAYASHI, K. Minireview: changes in cell wall polysaccharides during fruit ripening. **Journal of Plant Research**, v.113, p.231–237. 2000.

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DO ESTADO HÍDRICO DE TOMATES E FOLHAS DE COUVE-MANTEIGA SUBMETIDOS À LESÃO POR PUNÇÃO

RESUMO

Um dos parâmetros de qualidade dos produtos mais afetado pelas lesões é o estado hídrico, sendo a pressão de turgescência e a firmeza bons indicadores das alterações na quantidade de água disponível nos frutos e hortaliças. A perda do turgor celular dos frutos e vegetais ocasiona a murcha dos tecidos, acompanhado por uma aparência seca com a perda do brilho e da cor dos produtos, o que influencia a percepção do consumidor quanto ao frescor e grau de murcha das hortaliças. O tomate e a couve-manteiga são bastante procurados para consumo na forma *in natura*, tornando fundamental o estudo do estado hídrico. O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado hídrico de tomates e da couve-manteiga submetidos à lesão por punção, segundo a firmeza e a pressão de turgescência dos tecidos. A firmeza de tomates 'Carmen' sadios e lesionados por punção de 1,5 e 3,5mm foi medida durante 19 dias após a colheita, enquanto as folhas de couve-manteiga sadias e lesionadas tiveram sua firmeza estudada durante 9 dias, e sua pressão de turgescência durante 5 dias após a colheita. As lesões por punção com diâmetros de 1,5 e 3,5 mm não alteram a firmeza em tomates 'Carmem' armazenados a 25°C, no entanto os tomates apresentam decaimento da firmeza dois dias após a colheita. A firmeza e a pressão de turgescência também não são alteradas nas folhas de couve-manteiga lesionadas por punção de 1,5 e 3,5mm, e armazenadas a 5°C. Porém, folhas sadias e lesionadas apresentam recuperação hídrica do primeiro para o segundo dia após a colheita, em tais condições de armazenamento. Após a recuperação hídrica, todos os grupos apresentam diminuição gradativa da firmeza e da turgescência celular, sendo que os das lesões mostram oscilações nos valores de firmeza entre o quarto e sétimo dia após a colheita.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, *Brassica oleracea* v. *acephala*, firmeza, pressão de turgescência, injúria mecânica

INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores agrícolas mundiais, com cerca de 40 milhões de toneladas de frutas e hortaliças produzidas por ano (FAO, 2008) ficando atrás apenas da China e da Índia. Entretanto, o consumo médio nacional das mesmas está abaixo do recomendado pela Organização Mundial de Saúde (MELO, 2008; MENDES; PADILHA JUNIOR, 2007). Um dos fatores que induzem o baixo consumo de hortifrutis pode ser o impacto das injúrias na qualidade e no preço final ao consumidor.

Segundo a FAO (1989), as lesões mecânicas são a maior causa de perdas pós-colheita no mundo. As perdas de produtos hortifrutigranjeiros, devido a lesões físicas na cadeia entre o produtor e o consumidor, são estimadas em cerca de 30 a 40 % (BARCHI et al., 2002). Um dos parâmetros de qualidade dos produtos mais afetado pelas lesões é o estado hídrico, sendo a pressão de turgescência e a firmeza bons indicadores das alterações na quantidade de água disponível nos frutos e hortaliças.

A água desempenha um papel importante no crescimento de frutos, maturação pós-colheita e armazenamento, sendo a mensuração do estado hídrico de fundamental importância para o entendimento de tais processos (CALBO et al., 2010; GARCIA et al., 1995; SCWANTES, 2008). Para as folhosas a manutenção da turgidez é parâmetro primordial de qualidade. Nestes órgãos com elevado teor de água (>90%) a desidratação é mais rápida devido à elevada relação superfície/volume (KAYS, 1981).

Além da turgescência celular indicar o conteúdo de água na célula, também é um importante componente da textura (SOUSA et al., 2006), estando diretamente relacionada à firmeza, e à percepção do consumidor quanto ao frescor e grau de murcha dos produtos hortifrutis (CALBO et al., 2010). A perda do turgor nas células dos frutos ou dos vegetais ocorre quando há deficiência de água, conseqüentemente, o tecido começa a murchar, acompanhado por uma aparência seca com a perda do brilho e da cor (AGUILERA; STANLEY, 1999). O turgor celular e a integridade da parede da célula são componentes fundamentais da firmeza de tecidos vegetais (ILKER; SZCZESNIAK, 1990).

Muitos estudos têm sido realizados sobre a pressão de turgor da célula (ALVAREZ et al., 1999) que, de acordo com Souza et al.(2006) é o maior contribuinte para a manutenção da textura de frutos frescos. Shackel et al. (1991) acompanharam as alterações na turgescência celular do pericarpo de tomates durante o amadurecimento, indicando que modificações no turgor podem refletir alterações fisiológicas celulares. Ieperen et al. (2005) avaliaram a turgescência celular de tomates durante o desenvolvimento. A importância do estado hídrico para a firmeza dos frutos foi observada para frutos de maçã e kiwi (CHEN, 1993; JEFFERY; BANKS, 1994).

A firmeza está relacionada com a capacidade de armazenamento dos frutos, sendo fundamental na qualidade de frutos para consumo *in natura*. É uma importante característica de conservação pós-colheita, essencial durante o transporte e comercialização dos frutos. Durante o período de comercialização, foram observadas mudanças na firmeza, fortemente correlacionadas com alterações na coloração e forma da superfície de tomates (YANG; CHINNAN, 1988), o que influencia negativamente na compra desses produtos pelo consumidor. A firmeza é útil na determinação da altura da embalagem dos frutos. Luengo *et al.* (2003), obtiveram estimativas da altura máxima tolerável em embalagens para frutas e hortaliças, verificando a sensibilidade ao empilhamento e transporte. Ferreira; Calbo (2008) compararam medidas da firmeza dependente da pressão de turgescência de folhas de alface tipo americana e couve-manteiga às medidas diretas de pressão de turgescência celular, validando as primeiras.

O tomate está entre os produtos hortícolas mais consumidos no mundo, tanto na forma *in natura* quanto industrializado (ANDREUCETTI *et al.*, 2004; FARIA *et al.*, 2003). Também muito utilizada para consumo *in natura*, a couve-manteiga está cada vez mais presente na dieta dos brasileiros, inclusive como produto minimamente processado (NOVO *et al.*, 2010). Tais perfis de consumo tornam fundamental o estudo de parâmetros relacionados ao estado hídrico destes produtos.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o estado hídrico de tomates e da couve-manteiga submetidos à lesão por punção.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi avaliada a firmeza de tomates 'Carmen' e a firmeza e pressão de turgescência de folhas de couve-manteiga, ambos submetidos à lesão mecânica por punção. Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Instrumentação em Pós-colheita da Embrapa Instrumentação, São Carlos – SP.

TOMATE

Foram utilizados frutos de tomate 'Carmen', no estágio de maturação verde-maduro (USDA, 1976). Foram selecionados tomates de tamanhos semelhantes e sem qualquer evidência de lesão mecânica, em um cultivo agrícola do sítio Santa Marta localizado no município de São Carlos, SP.

Os frutos foram sanitizados em solução de hipoclorito de sódio na proporção 1:50 (CAMPOS, 2006). Em seguida os tomates foram secos com papel toalha e separados em 3 lotes (controle, lesão 1,5 mm e lesão 3,5 mm).

Foram realizadas duas lesões por punção, com diâmetros de 1,5 e 3,5mm, este último é o diâmetro médio do pedúnculo do fruto de tomate (ALLENDE et al., 2004), ambos com profundidade de 5mm. Foram escolhidos tais diâmetros porque durante o transporte os tomates são bastante susceptíveis às lesões por punção em decorrência dos pedúnculos dos frutos e farpas e arestas das caixas de transporte. Para a indução da lesão foram utilizados cilindros de metal inoxidável esterilizados com álcool 96°GL a cada aplicação. Cada fruto recebeu apenas um tipo de lesão na região equatorial.

As medidas foram feitas com o aplanador (figura 16) (CALBO et al., 1995), que mede a firmeza dependente da pressão de turgescência das células.



Figura 16. Aplanador utilizado para medição da firmeza de tomates. Fonte: Moretti (2006).

Para a medição da firmeza de tomates pelo método de aplanção, o fruto foi colocado sobre a mesa de prova do equipamento. A placa de vidro do equipamento foi abaixada até ficar apoiada sobre a superfície do fruto. Na parte superior da placa de vidro a área amassada do fruto formou um elipsóide, do qual foram medidos os dois comprimentos (maior e menor), utilizados nos cálculos das medidas de firmeza.

Foram realizadas medidas de firmeza durante 19 dias após a colheita, na região equatorial perpendicular à zona lesionada. Para que fosse medida sempre a mesma região foi feita marcação com caneta permanente.

COUVE-MANTEIGA

FIRMEZA

Para esse experimento foram utilizadas folhas de couve-manteiga com comprimento médio de 20,3 ($\pm 1,46$) cm. Foram selecionadas folhas sem qualquer evidência de lesão mecânica. O produto foi obtido logo após a sua colheita no comércio local, na cidade de São Carlos – SP. No laboratório, as folhas foram sanitizadas em solução de hipoclorito de sódio 1% e secas em papel toalha.

Para a lesão das folhas foram utilizados perfuradores com 1,5 e 3,5 mm de diâmetro, esterilizados com álcool 96°GL a cada aplicação. Cada folha recebeu apenas um tipo de lesão no seu terço superior.

As folhas foram acondicionadas individualmente, em embalagem de polietileno perfurado, permitindo as trocas gasosas, em câmara refrigerada escura sob $5 \pm 0,1$ °C. Durante a execução dos experimentos as embalagens foram dispostas em varais dentro do refrigerador, permitindo uma circulação de gases e vapor d'água mais uniforme.

Nas medidas foram utilizadas 15 folhas em cada grupo (controle, lesão 1,5 mm e lesão 3,5 mm). Foi utilizado o equipamento Wiltmeter® (figura 17) (CALBO et al., 2010; EMBRAPA, 2007), que usa da técnica de aplanção como princípio básico (CALBO et al., 2008).

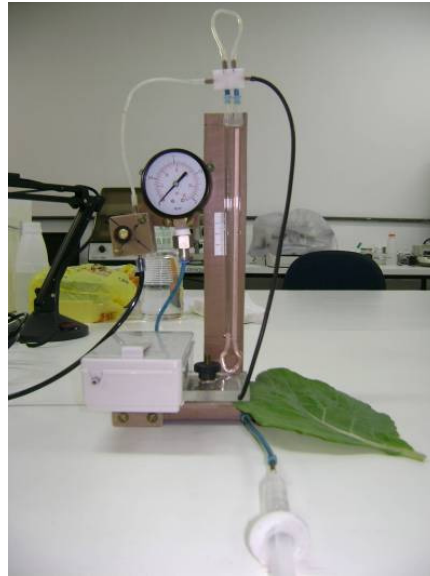


Figura 17. Wiltmeter®, equipamento utilizado para medidas de firmeza de folhas de couve-manteiga.

Para as medidas a folha foi inserida entre duas placas, como na figura 17. Acima da folha está uma placa de aplanção especial através da qual escoo um fluxo de ar gerado por um gradiente de pressão de »10 kPa (CALBO et al., 2008). Assim, a folha foi pressionada por uma membrana flexível contra a placa de aplanção até que o amassamento obstruísse a passagem de ar, quando foi feita a leitura da pressão no manômetro, pressão esta responsável pela compressão da folha.

As medidas foram realizadas durante nove dias. No grupo controle mediu-se a firmeza no terço superior da folha. Nas folhas lesionadas foram feitas medidas a 10 mm de distância da borda da lesão.

PRESSÃO DE TURGESCÊNCIA

Para a realização das medidas de pressão de turgescência celular foram utilizadas três folhas por grupo (total de nove folhas). Os procedimentos de sanitização, lesão e armazenagem foram os mesmos aplicados no experimento mencionado acima.

Nas folhas lesionadas as medidas foram feitas à 5 mm da borda da lesão, durante cinco dias. O equipamento utilizado foi a Sonda Termoelástica (figura 18, EMBRAPA, 1999).

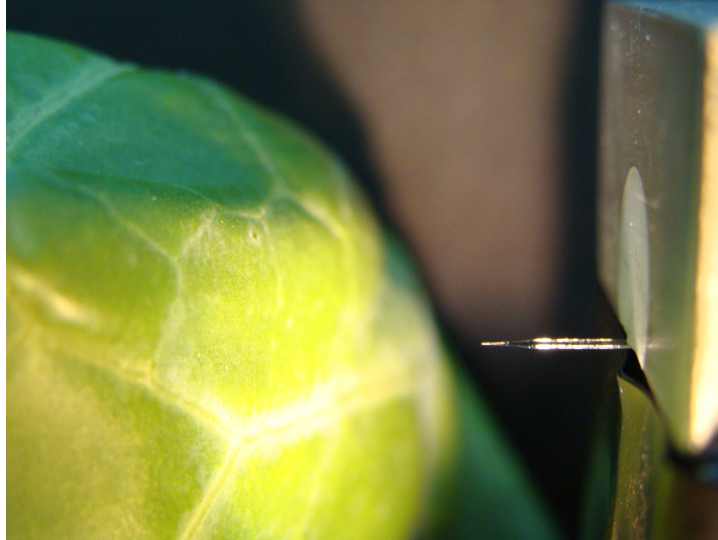


Figura 18. Folha de couve-manteiga e sensor termoelástico prontos para medida de pressão de turgescência na Sonda Termoelástica.

A montagem da Sonda consiste de uma fonte de calor resistiva em contato com um regulador térmico, um sensor termoelástico (capilar de vidro) parcialmente cheio com o fluido sensor a base de óleo mineral, um estereoscópio e uma câmera de vídeo acoplada (PESSOA, 1999).

O processo de medida da pressão de turgor consiste na análise da posição do menisco do óleo no interior do sensor. Ao penetrar a célula vegetal com a ponta do sensor cheio de óleo, há o aumento de pressão implicando em uma variação isotérmica do volume inicial do óleo, e conseqüente alteração da posição do menisco. A segunda etapa consiste em retornar o menisco para sua posição inicial pelo incremento da temperatura do fluido sensor em função do parâmetro de expansibilidade térmica em um processo isobárico. A alteração da temperatura do óleo a volume constante implica em uma variação de pressão, tornando possível a determinação da pressão de turgor.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para a análise estatística dos dados de firmeza de tomates e pressão de turgescência e firmeza da couve-manteiga, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em parcelas subdivididas, e a análise de variância (Anova). A análise permitiu avaliar o efeito dos tratamentos no tempo e a interação entre estes. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey (** $p < 0,05$). Utilizou-se os programas: AgroEstat (Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agrônomicos), versão 1.0, desenvolvido na Universidade Estadual Paulista, campus Jaboticabal/SP, e SAS - Statistical Analysis Software (SAS INSTITUTE, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os resultados apresentados a seguir o dia um (1) representa o dia da colheita dos frutos e das folhas, sendo que também foi o dia da indução das lesões nos respectivos experimentos.

TOMATE

Na tabela 1 são apresentados os valores médios de firmeza dos tomates 'Carmen' (controle e lesionados) em função do tempo de armazenamento após a colheita.

Tabela 1. Firmeza (kgf.cm^{-2}) de tomates 'Carmen' sadios e submetidos à lesão por punção de diferentes dimensões e armazenados por 19 dias.

Tempo (dias)	Firmeza (kgf.cm^{-2})		
	Controle	Lesão 1,5mm	Lesão 3,5mm
1	1,184 Aa	1,493 Aa	1,443 Aa
2	1,079 Ab	1,158 Ab	1,263 Ab
3	0,786 Ac	0,790 Ac	0,849 Ac
4	0,597 Ad	0,579 Ad	0,613 Ad
5	0,485 Ade	0,462 Ade	0,480 Ade
6	0,433 Aef	0,428 Aef	0,404 Aef
7	0,397 Aef	0,431 Aef	0,431 Aef
8	0,376 Aefg	0,330 Aefg	0,305 Aefg
9	0,358 Afg	0,309 Afg	0,287 Afg
10	0,314 Afg	0,277 Afg	0,262 Afg
11	0,287 Afg	0,257 Afg	0,263 Afg
12	0,278 Ag	0,244 Ag	0,250 Ag
13	0,274 Ag	0,242 Ag	0,232 Ag
14	0,237 Ag	0,249 Ag	0,229 Ag
15	0,224 Ag	0,238 Ag	0,227 Ag
16	0,220 Ag	0,224 Ag	0,217 Ag
17	0,208 Ag	0,224 Ag	0,208 Ag
18	0,200 Ag	0,229 Ag	0,208 Ag
19	0,194 Ag	0,222 Ag	0,209 Ag

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$).

Os valores médios de firmeza dos tomates foram inicialmente elevados, na ordem de 1,2 a 1,4 kgf cm^{-2} . Luengo et al. (2003) encontraram valores de firmeza em torno de 0,6 kgf cm^{-2} para frutos meio-maduros. A maior firmeza inicial observada no presente estudo pode

estar relacionada com o fato dos frutos analisados terem sido colhidos no estágio verde-maduro.

Não foi observada diferença significativa entre os valores médios de firmeza dos tratamentos. A partir do segundo dia após a colheita todos os tratamentos apresentaram decaimento dos valores médios de firmeza, sendo que estes tenderam à estabilização a partir do oitavo dia (figura 19).

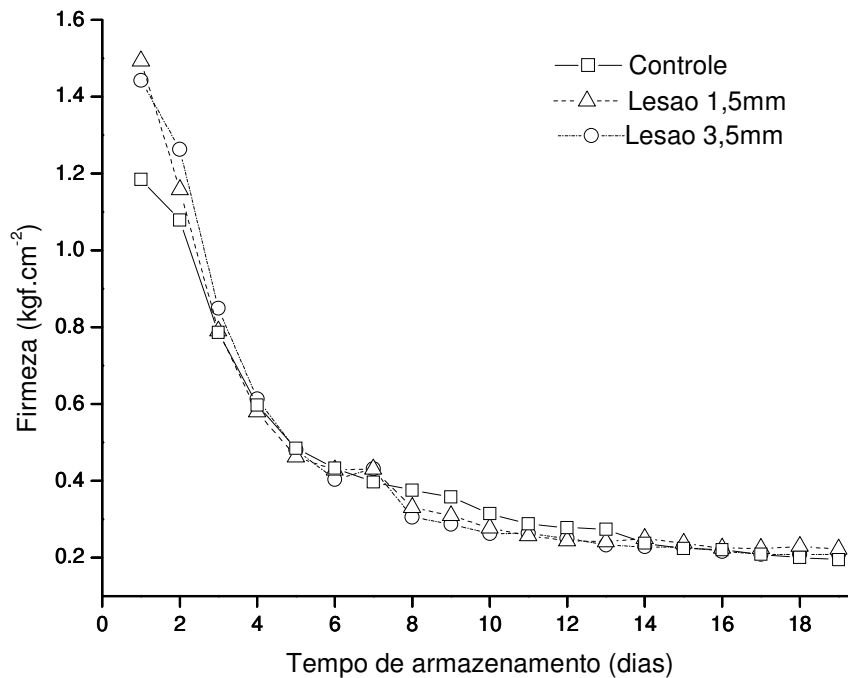


Figura 19. Firmeza (kgf.cm⁻²) medida pela técnica de aplanção de tomates 'Carmen' submetidos a punções de diferentes dimensões e armazenados por 18 dias.

É possível que lesões por punção nas dimensões 1,5mm e 3,5mm não afetem a firmeza dos frutos. Por outro lado, a formação de uma camada de paredes celulares mortas durante o PI (até o quarto dia após a colheita) pode funcionar como obstáculo para perda de água, fazendo com que os frutos lesionados percam água no mesmo ritmo que os frutos sadios.

A perda de firmeza durante o armazenamento pode ser atribuída tanto às alterações nos componentes da parede celular e da lamela média, quanto às alterações nos aspectos estruturais tais como: espessura da parede celular, tamanho e formato das células e volume dos espaços intercelulares (SCHUR, 1987). No entanto, como foi observado no capítulo anterior, a estrutura dos tecidos de tomates se mantém uniforme até 16 dias após a colheita, o que iria contrário ao decréscimo de firmeza observado. Porém, os frutos foram armazenados sob 25°C, o que pode ter acelerado a perda de água dos mesmos, fazendo com que a firmeza decaísse logo nos primeiros dias após a colheita.

A ausência de tecidos lignificados e paredes secundárias em tomates também pode induzir a uma perda de firmeza mais acelerada, uma vez que tais estruturas influenciam a firmeza e textura (HARKER et al., 1997). Alguns frutos como *blueberries*, peras e goiabas possuem células esclerenquimáticas, distribuídas em grupo ou individualmente, sendo que foi observada manutenção de maior firmeza em cultivares que apresentaram tecido esclerenquimático mais espesso ou em maior número de grupos (GOUGH, 1983; MARCELIN et al., 1993; MARTIN-CABREJAS et al., 1994). Portanto, pode-se supor que a firmeza de tomates 'Carmen' é mais dependente da pressão de turgescência das células do que da lignificação dos tecidos do mesocarpo.

As células do parênquima de tomates possuem paredes delgadas, porém elásticas, que limitam a expansão celular durante o aumento da turgescência (JACKMAN; STANLEY, 1995). É possível que em tomates o tamanho dos vacúolos e das células parenquimáticas, a elasticidade das paredes celulares e o potencial osmótico exerçam maior controle da firmeza, com isso pequenas alterações em tais características possuiriam forte influência no decaimento da firmeza dos tomates.

COUVE-MANTEIGA

Não houve diferença estatística significativa entre os valores médios de firmeza dos tratamentos, no entanto foi observado decréscimo da firmeza a partir do terceiro dia para o controle e lesão 3,5mm, e a partir do quarto dia após a colheita para lesão 1,5mm (tabela 2).

Tabela 2. Firmeza (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas à lesão por punção de diferentes diâmetros, armazenadas sob refrigeração a 5°C durante nove dias.

Tempo (Dias)	Firmeza (MPa)		
	Controle	Lesão 1,5mm	Lesão 3,5 mm
1	0,982 Aab	0,957 Aa	1,060 Aa
2	1,096 Aa	1,018 Aa	1,135 Aa
3	0,858 Ab	0,869 Aab	0,769 Ab
4	0,613 Ac	0,642 Ac	0,589 Abc
5	0,603 Ac	0,702 Abc	0,628 Ab
6	0,482 Ac	0,613 Ac	0,574 Abc
7	0,490 Ac	0,596 Ac	0,578 Abc
8	0,489 Ac	0,631 Ac	0,496 Ac
9	0,514 Ac	0,624 Ac	0,553 Ac

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si ($p < 0,01$).

Apesar de não haver diferença entre os tratamentos, foram observadas oscilações na firmeza a partir do quarto até o sétimo dia após a colheita nos tratamentos lesionados (figura 20).

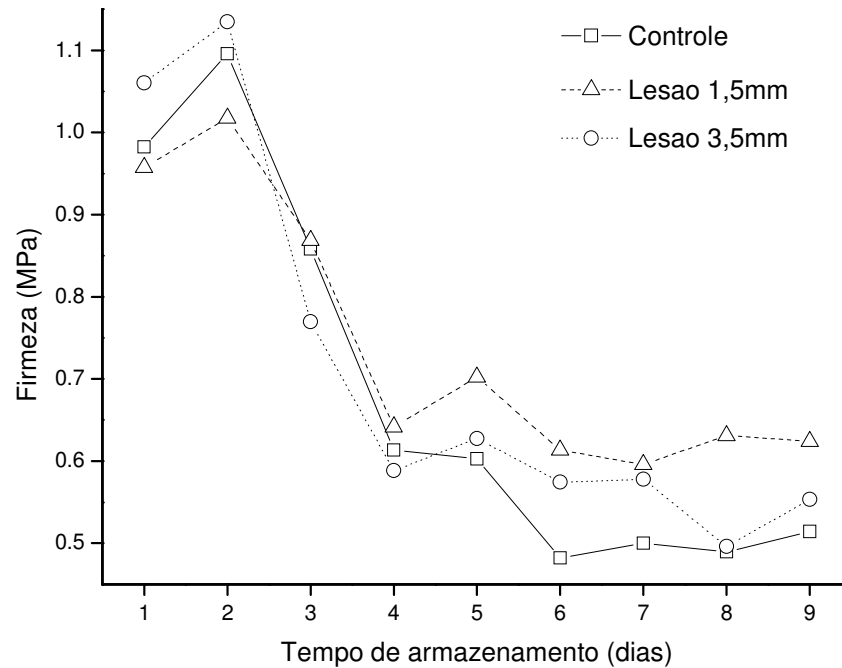


Figura 20. Firmeza (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas a lesão por punção, armazenadas sob refrigeração por 9 dias.

Esse comportamento pode ser decorrente do aumento de acúmulo mucilaginoso na região danificada. Assim a camada mais espessa de polissacarídeos dificultaria a perda de água na região, fazendo com que a firmeza não decaísse no mesmo padrão observado para folhas controle até sete dias após a colheita.

Não foram observadas diferenças significativas entre os grupos para os valores médios de pressão de turgescência. No entanto, dois dias após a colheita todos os tratamentos mostraram clara tendência de decaimento nos valores de turgor (tabela 3).

Tabela 3. Pressão de turgescência (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas a lesão por punção de diferentes diâmetros, armazenadas sob refrigeração a 5 °C.

Tempo (Dias)	Pressão de turgescência (MPa)		
	Controle	Lesão 1,5mm	Lesão 3,5 mm
1	0,068 Ab	0,072 Ab	0,059 Ab
2	0,153 Aa	0,140 Aa	0,131 Aa
3	0,100 Aab	0,098 Aab	0,077 Aab
4	0,068 Ab	0,057 Ab	0,052 Ab
5	0,016 Ab	0,017 Ab	0,013 Ab

Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si ($p < 0,05$).

Valores, relativamente, baixos foram observados durante a maior parte dos dias de armazenamento das folhas (0,06 – 0,01 MPa), com exceção do segundo e terceiro dia (figura 21).

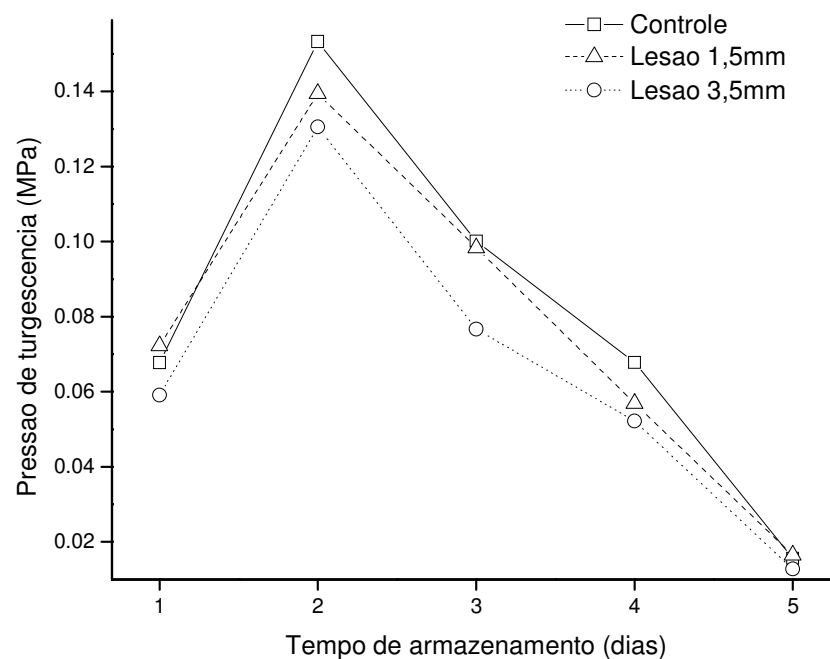


Figura 22. Pressão de Turgescência (MPa) de folhas de couve-manteiga controle e submetidas a lesão por punção armazenadas sob refrigeração por 7 dias.

Resultados semelhantes (0,04-0,05 MPa) foram encontrados para tomates que eram esperados ter o máximo conteúdo de água (IEPEREN et al., 2005). Segundo os autores isso indica a impossibilidade de controlar e/ou identificar todas as alterações que ocorrem diariamente no gradiente de potencial hídrico entre o simplasto e apoplasto de células do pericarpo.

É possível observar o aumento da firmeza e da pressão de turgescência entre o primeiro e o segundo dia após a colheita (figuras 20 e 21), sugerindo uma recuperação hídrica das folhas. Resultados semelhantes foram obtidos por Amarante; Puschmann (1993) e Levitt (1986) para folhas de couve-manteiga e repolho submetidas à déficit hídrico, embaladas em sacos de polietileno e estocadas em câmara úmida. Assim, pode-se supor que folhas de couve-manteiga armazenadas embaladas e estocadas em câmara refrigerada também sofram recuperação hídrica. Esse fenômeno pode ser explicado pela mobilização de água do apoplasto para o simplasto, em virtude de um ajustamento osmótico protoplasmático (LEVITT, 1986). O acúmulo de mucilagem durante o PI, entre o primeiro e o segundo dia, também pode ser responsável pelo aumento da firmeza nesse período, dificultando a perda excessiva de água pelas folhas lesionadas.

A ausência de diferença significativa entre os tratamentos, tanto para os valores médios de firmeza quanto para o de pressão de turgescência e a tendência ao decaimento similar podem ser explicados pelo acúmulo de mucilagem de ácido urônico ocorrido durante o PI das folhas de couve-manteiga.

Alguns trabalhos sugerem que a mucilagem reduz a transpiração, funcionando como uma barreira à perda de água pelas células, enquanto outros apontam que as mucilagens são um complexo de polissacarídeos que aumentam a capacidade de retenção de água pelas células (FAHN, 1979; GILLETTE, 1939; ROCHA et al., 2002). Apesar dos estudos citados terem sido realizados com folhas intactas, podemos supor os mesmos efeitos no caso aqui estudado, porém estes efeitos não envolveriam toda a folha, mas sim a região próxima a lesão, onde foram realizadas as medidas.

Outra característica da mucilagem de ácido urônico é sua hidrofília, que a torna viscosa em contato com a água, formando um gel (BARRACA; MINAMI, 1999; SCOTT; BYSTROM, 1970;), o que pode ter ocorrido quando as folhas lesionadas foram estocadas sob refrigeração e sua mucilagem entrou em contato com o vapor d'água presente na câmara. Essa característica auxilia no controle da perda de água, pois a região mucilaginososa embebida em água dificulta a dessecação das células intactas adjacentes diminuindo a difusão através das paredes celulares (EAMES; MACDANIELS 1925; GILLETTE, 1939; HABERLANDT 1928 *apud* ROCHA et al., 2002).

Além do complexo de polissacarídeos, a liberação do conteúdo intracelular das células rompidas também pode ter influenciado nos padrões de turgor e firmeza. Para isso deve-se supor que os solutos liberados no apoplasto podem ser armazenados por células intactas adjacentes, aumentando o turgor destas. Esta poderia ser considerada uma maneira da folhas evitarem a perda de nutrientes que extravasaram das células rompidas.

CONCLUSÕES

- ✓ Lesões por punção com diâmetros de 1,5 e 3,5 mm não alteram a firmeza em tomates 'Carmem' armazenados a 25 °C;
- ✓ Tomates apresentam decaimento da firmeza após a colheita;
- ✓ Lesões por de 1,5 e 3,5mm não alteram a firmeza e pressão de turgescência de folhas armazenadas a 5 °C;
- ✓ Há recuperação hídrica do primeiro para o segundo dia após a colheita em folhas de couve-manteiga armazenadas a 5 °C;
- ✓ A couve-manteiga apresenta decaimento da firmeza e pressão de turgescência após a colheita.

REFERÊNCIAS

- AGUILERA, M.; STANLEY, D.W. **Microstructural principles of food processing and engineering**. (2nd ed.), Aspen Publishers Inc, Gaithersburg, MD, 1999.
- ALLENDE, A.; DESMET, M.; VANSTREELS, E.; VERLINDEN, B.E.; NICOLAI, B.M. Micromechanical and geometrical properties of tomato skin related to differences in puncture injury susceptibility. **Postharvest Biology and Technology**, n. 34, p.131–141. 2004.
- ALVAREZ, M.D.; SAUNDERS, D.E.J.; VINCENT, J.F.V. Effect of turgor pressure on the cutting energy of stored potato tissue. **European Food Research Technology**, v.210, p.331–339, 1999.
- AMARANTE, C.V.T.; PUSCHMANN, R. Relação entre horário de colheita e senescência em folhas de couve. **R. Bras. Fisiol. Veg.**, v.5, n.1, p.25-29, 1993.
- ANDREUCETTI, C.; FERREIRA, M.D.; HONÓRIO, S.L.; GUTIERREZ, A.S.D.; TAVARES, M. Classificação e padronização dos tomates cv. Carmem e Débora dentro da CEAGESP (SP). **Eng. Agric., Jaboticabal**, v.24, n.3, p.790-798, set./dez. 2004.
- BARCHI, G.L.; BERARDINELLI, A.; GUARNIERI, A.; RAGNI, L.; TOTARO FILA, C.. Damage to loquats by vibration-simulating intrastate transport. **Biosystems Engineering**, London, v. 82, n. 3, p. 305–312, 2002.
- CALBO, A.G.; NERY, A.A.; HERRMANN, P.S.P. Intercellular deformation in compressed organs. **Annals of Botany**, v.76, p.365-370, 1995.
- CALBO, A.G.; FERREIRA, M.D.; PESSOA, J.D.C. Wiltmeter para a medida da firmeza das folhas. **Circular Técnica 43**. Embrapa Instrumentação Agropecuária. São Carlos, SP. P. 1-4. Novembro, 2008.
- CALBO, A.G.; FERREIRA, M.D.; PESSOA, J.D.C. A Leaf Lamina Compression Method for Estimating Turgor Pressure. **HortScience**, v. 45, n.3, p.1–6. 2010.
- CAMPOS, F.M. **Avaliação de práticas de manipulação de hortaliças visando a preservação de vitamina C e carotenóides**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição). Universidade Federal de Viçosa, 92p., 2006.
- CHEN, H. **Analysis on the acoustic impulse resonance of apples for nondestructive estimation of fruit quality**. Thesis Nr. 236, Faculty of Agricultural and Applied Biological Science, K.U. Leuven, p. 165, 1993.
- EMBRAPA; PESSOA, J.D.C.; CALBO, A.G.; CRUVINEL, P.E.; MORAES, J.A.P.V. de. **Equipamento para medida de turgescência celular e sucção de órgãos vegetais**. BR. n.PI 9906212-7, 07 dez. 1999.

EMBRAPA. CALBO, A.G.; PESSOA, J.D.C.. **Sistema de aplanção para avaliar a firmeza dependente da pressão celular em folhas e segmentos de face plana de órgãos macios.** Protocolo 012070000752 - DEDF. 16 jul. 2007.

FAHN, A. **Secretory tissues in plants.** London, Academic Press. 302 p.il. 1979.

FAO. **Prevention of postharvest food losses: fruits, vegetables and root crops.** FAO Training Series No. 17/2. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1989.

FAO. **The state of food and agriculture.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2008.

FARIA, M.V.; MALUF, W.R; AZEVEDO, S.M. DE; ANDRADE-JÚNIOR, V.C; GOMES, L.A; MORETTO, P; LICURSI, V. Yield and post-harvest quality of tomatos hybrids heterozygous at the loci *alcobaça, old gold-crimson* or *high pigment*. **Genetics and Molecular Research**, v.2, p.317-327, 2003.

FERREIRA, M.D.; CALBO, A.G. Leitura de firmeza de folhas em Wiltmeter® é rápida e substitui medida de turgescência celular em sonda de pressão – alface e couve. **Horticultura Brasileira**, v.26, n.2 (Suplemento CD Rom), S4160-S4165, jul - ago. 2008.

GARCIA, J.L.; RUIZ-ALTISENT, M.; BARREIRO, P. Factors influencing mechanical properties and bruise susceptibility of apples and pears. **J. Agric. Eng. Res.** v. 61, p.11–18. 1995.

GILLETTE, L.A. **The composition and structure of the mucilage from wild Indian wheat, *Plantago fastigiata*, T.** Thesis (Master of Science). University of Arizona. 44p. 1939.

GOUGH, R.E. The occurrence of mesocarpic stone cells in the fruit of cultivated high-bush blueberry. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.**, v.108, p;1064-1067, 1983.

HARKER, F.R.; REGWELL, R.J.; HALLETT, I.C.; MURRAY, S.H. Texture of fresh fruit. **Horticultural Reviews**, v.20, p.121-224, 1997.

IEPEREN, W.V.; VAN MEETEREN, U.; OOSTERKAMP, J.; TROUWBORST, G. Macro- and microscopic aspects of fruit water relations influencing growth and quality in tomato. **Acta Hort.** v.682, ISHS, 2005.

ILKER, R.; SZCZESNIAK, A. Structural and chemical bases for texture of plant food stuffs. **Journal of Texture Studies** v.21, p.1-36. 1990.

JACKMAN, R.; STANLEY, D.W. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.6, p.187-194, 1995.

JEFFERY, P.B.; BANKS, N.H. Firmness-temperature coefficient of kiwifruit. **N Z J. Crop Horticulture Science.** v. 22, p.97–101, 1994.

KAYS, J.S. **Postharvest physiology of perishable plant products.** New York: Van Nostrand Reinhold, 453p.1991.

LEVITT, J. Recovery of turgor by wilted excised cabbage leaves in the absence of water uptake. A new factor on drought acclimation. **Plant Physiology**, v.82, p.147-153, 1986.

LUENGO, R.F.A.; CALBO, A.G; JACOMINO, A.P.; PESSOA, J.D.C. Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.4, p.704-707, 2003.

MARCELIN, O.; WILLIAMS, P.; BRILLOUET, J.M. Isolation and characterization of the two main cell-wall types from guava (*Psidium guajava* L.) pulp. **Carbohyd. Res.**, v.240, p.233-234, 1993.

MARTIN-CABREJAS, M.A.; WALDRON, K.W.; SELVENDRAN, R.R.; PARKER, M.L.; MOATES, G.K. Ripening-related changes in the cell wall of Spanish pear (*Pyrus communis*). **Physiol. Plantarum**, v.91, p.671-679, 1994.

MELO, P.C.T. de. **Panorama atual da cadeia brasileira de produção de hortaliças**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20. Palestras... Vitória: ENCAPER. p.cd-rom. 2008.

MENDES, J.T.G.; PADILHA JUNIOR, J.B. **Agronegócio: uma abordagem econômica**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MORETTI, C.L. **Protocolos de avaliação da qualidade química e física de tomate**. Comunicado Técnico 32. Embrapa, Brasília, dez. 2006.

NOVO, M.C.S.S. PRELA-PANTANO, A.; TRANI, P.E.; BLAT, S.F. Desenvolvimento e produção de genótipos de couve manteiga. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.28, n.03, p.321-325. 2010.

PESSOA, J.D.C. **Instrumentações para o estudo das relações água-planta**. (Tese de Doutorado). São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. 79p. 1999.

ROCHA, J.F.; NEVES, L.J.; PACE, L.B. Estruturas secretoras em folhas de *Hibiscus tiliaceus* L. e *Hibiscus pernambucensis* Arruda. **Revista. Universidade. Rural, Série. Ciências da Vida**, v.22, n.1, p.43-55, 2002.

SAS INSTITUTE. **SAS System for Microsoft windows**: release 8.02. Cary, NC, USA, 1999.

SCHUR, S. Texture integrity: Challenge for research and development. In: **Food texture**: instrumental and sensory measurement. (Ed.) Moskowitz H.R, New York: Marcel Dekker Inc. p. 273-292, 1987.

SCHWANTES, J.M. **Processamento mínimo, fisiologia e conservação refrigerada de genótipos de tomate**. 55p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal). Universidade Federal de Viçosa. 2008.

SCOTT, F. M.; BYSTROM, B.G. Mucilaginous idioblasts in Okra, *Hibiscus esculentus* L. In: ROBSON, N.K.B; CUTLER, D.F.; GREGORY, M. **New research in plant anatomy**. London, Academic press, p. 15-24, 1970.

SHACKEL, K.A.; GREVE,C.; LABAVITCH, J.M.; AHMADI, H. Cell turgor changes associated with ripening in tomato pericarp tissue. **Plant Physiol.**, v.97, p.814-816, 1991.

SOUSA, M.B. CANET, W.; ALVAREZ, M.D.; TORTOSA, M.E. Effect of processing on the texture and structure of raspberry (cv. Heritage) and blackberry (cv. Thornfree). **European Food Research Technology** v. 223, p. 517–532, 2006.

USDA. **United States Standard for grades of fresh market tomatoes**. Washington: USDA, Agricultural Marketing Service, 1976.

VAN BUREN, J.P. The chemistry of texture in fruits and vegetables. **Journal of Texture Studies**, v.10, p.1-23, 1979.

YANG, C.C.; CHINNAN, M.S. Computer modeling of gas composition and colour development of tomatoes stored in polymeric films. **Journal of Food Science**, v.53, p.869–872, 1988.

PROPOSTAS PARA ESTUDOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos são sugeridos alguns trabalhos que visam aprofundar o estudo apresentado. São eles:

- Avaliações de respiração e produção de etileno dos hortifrutis lesionados;
- Identificação de possíveis propriedades medicinais da mucilagem observada na área lesionada das folhas de couve-manteiga;
- Estudos com objetivo de desenvolver e utilizar micro-sensores para avaliação da perda de água apenas na região lesionada dos hortifrutis, podendo-se analisar a influência da lesão apenas na área danificada.

Tais trabalhos poderão contribuir na avaliação do potencial de aplicação de produtos vegetais em outras áreas de interesse médico e farmacológico; no desenvolvimento de novas tecnologias para conservação pós-colheita de hortifrutis; bem como avaliar possíveis respostas fisiológicas à lesão mecânica que não puderam ser observadas neste estudo.