

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INJÚRIAS MECÂNICAS E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE
GOIABAS: FISIOLOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA**

Ben-Hur Mattiuz
Engenheiro Agrônomo

Jaboticabal – São Paulo – Brasil
2002

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**INJÚRIAS MECÂNICAS E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE
GOIABAS: FISILOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA**

Ben-Hur Mattiuz

Orientador: Prof. Dr. José Fernando Durigan

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal – Unesp, para a obtenção do título de Doutor em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Jaboticabal – SP
Fevereiro – 2002

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

BEN-HUR MATTIUZ, filho de Gil Mattiuz e Lourdes Tedesco Mattiuz, nasceu em 23 de novembro de 1968, na cidade de Veranópolis, RS. Obteve o grau de Engenheiro Agrônomo em janeiro de 1993, pela Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, RS. Em março de 1993, ingressou no Curso de Pós-Graduação, ao nível de Mestrado, na área de concentração de Fruticultura de Clima Temperado, obtendo o título de Mestre em Ciências em julho de 1995, com a dissertação intitulada: *Enraizamento de estacas de kiwi (Actinidia deliciosa A. Chev.)*. No período de 1996-1997 atuou como Pesquisador 3A do CNPq no projeto: *Melhoramento genético da aceroleira (Malpighia glabra L.) na Região do Submédio São Francisco*, na EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, PE. Em março de 1998, ingressou no Curso de Pós-Graduação, ao nível de Doutorado, na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Paulista, campus de Jaboticabal, SP, realizando estudos na área de Tecnologias Pós-colheita de frutas.

DEDICO

A meus pais, Gil e Lourdes, pelo carinho, incentivo e exemplo. A meus irmãos e sobrinhos, pela amizade e companherismo.

OFEREÇO

A minha esposa Claudia que, com amor e sabedoria, participou decisivamente em cada etapa dessa Tese.

AGRADECIMENTOS

Ao grande Mestre e amigo professor José Fernando Durigan pela orientação, aprendizado e confiança durante a realização deste trabalho.

À UNESP de Jaboticabal, pela oportunidade da realização do Doutorado.

À Frutas e conservas VAL, por terem cedido os frutos.

À FAPESP, pela cessão da bolsa de estudos e auxílio financeiro à pesquisa.

Aos professores da UNESP, pela amizade e ensinamentos.

Ao professores Newton La Scala Júnior e Euclides Braga Malheiros, pelas orientações no campo da Física e Estatística.

A todas as amigadas que me foram brindadas ao longo desses 4 anos, especialmente aos amigos, William e Marisa, Gustavo e Izabelle, Ricardo e Luciana, Renata, Maria Aparecida, Bianca, Rose, Juliana, Maria, Maria Fernanda, Marcel, Newton Alex, Givanildo, pelo companheirismo e convívio.

A todos que conheci nesse período, e que de alguma forma marcaram a minha vida.

SUMÁRIO

Página

RESUMO - INJÚRIAS MECÂNICAS E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE GOIABAS: FISILOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA	1
ABSTRACT - MECHANICAL INJURIES AND MINIMAL PROCESSING IN GUAVA FRUIT: POST-HARVEST PHYSIOLOGY AND QUALITY	3
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	5
A cultura da goiabeira	5
Produtos minimamente processados	9
Objetivo	14
Referências	14
CAPÍTULO 2 – FISILOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABAS 'PALUMA' E 'PEDRO SATO', EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO, SUBMETIDAS À INJÚRIA MECÂNICA DE IMPACTO	24
Introdução	25
Material e Métodos	26
Resultados e Discussão	27
Conclusões	33
Referências	33
CAPÍTULO 3 – FIRMEZA E COLORAÇÃO EM GOIABAS DAS CULTIVARES PALUMA E PEDRO SATO, SUBMETIDAS À INJÚRIAS MECÂNICAS	36
Introdução	37
Material e Métodos	38
Resultados e Discussão	39
Conclusões	45
Referências	45
CAPÍTULO 4 – EFEITO DE INJÚRIAS MECÂNICAS NO PROCESSO RESPIRATÓRIO E NAS VARIÁVEIS QUÍMICAS DE GOIABAS 'PALUMA' E 'PEDRO SATO'	48
Introdução	49
Material e Métodos	50
Resultados e Discussão	51
Conclusões	60
Referências	60
CAPÍTULO 5 – PROCESSAMENTO MÍNIMO DE GOIABAS 'PALUMA' E 'PEDRO SATO': 1. AVALIAÇÕES FÍSICAS	63
Introdução	64
Material e Métodos	65
Resultados e Discussão	66
Conclusões	73
Referências	73
CAPÍTULO 6 – PROCESSAMENTO MÍNIMO EM GOIABAS 'PALUMA' E 'PEDRO SATO': 2. AVALIAÇÃO QUÍMICA, SENSORIAL E MICROBIOLÓGICA	77
Introdução	78
Material e Métodos	79
Resultados e Discussão	81
Conclusões	88
Referências	88
CAPÍTULO 7 – APLICAÇÕES DA TOMOGRAFIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA COMO MÉTODO NÃO-DESTRUTIVO PARA AVALIAR OS EFEITOS DO PROCESSAMENTO MÍNIMO E DE INJÚRIAS MECÂNICAS EM GOIABAS 'PALUMA' E 'PEDRO SATO'	92
Introdução	93
Material e Métodos	95
Resultados e Discussão	96
Conclusões	99
Referências	99
CAPÍTULO 8 – IMPLICAÇÕES	106
APÊNDICE 108	

INJÚRIAS MECÂNICAS E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE GOIABAS: FISIOLOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA

RESUMO – Avaliou-se o efeito das injúrias mecânicas por impacto, compressão ou corte, e do processamento mínimo na fisiologia de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. Na injúria por impacto, os frutos foram deixados cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m, sofrendo dois impactos, em lados opostos da porção equatorial do fruto. Na injúria por compressão, os frutos foram submetidos a um peso de 29,4 N, por 15 minutos. Para a injúria por corte, foram efetuados dois cortes, longitudinalmente, de 30 mm de comprimento por 2 mm de profundidade. Os frutos foram armazenados sob condições de ambiente ($23,4 \pm 1$ °C, 62 ± 6 %UR). No processamento mínimo, frutos no estágio "de vez" foram descascados, cortados longitudinalmente ao meio, eliminando-se as sementes. Após enxágüe, foram embalados em contentores de tereftalato de polietileno e armazenados a 3 °C. Os frutos da 'Paluma' apresentaram-se significativamente mais resistentes que os da 'Pedro Sato' à injúria por impacto. O estresse físico causado por esta injúria produziu um colapso interno nos lóculos dos frutos e a área injuriada mostrou-se mais escurecida e com menor cromaticidade que as áreas não injuriadas, de ambas as cultivares. Os frutos injuriados sempre produziram maior quantidade de CO₂ que os dos controles, sem que se detectasse a ocorrência de pico respiratório. Os teores de sólidos solúveis totais, açúcares redutores, acidez total titulável e ácido ascórbico dos frutos injuriados apresentaram-se menores que os dos controles, ao longo do período de armazenamento. No produto minimamente processado, a goiaba possibilitou o rendimento de 51%. A embalagem evitou a perda da massa fresca e possibilitou a modificação da atmosfera no seu interior, com manutenção dos níveis de O₂ e CO₂ em 16,60 % e 1,95 %, respectivamente. A coloração foi mantida e o conteúdo de ácido ascórbico reduziu-se, ao longo do período de armazenamento. Os conteúdos de sólidos solúveis totais e de acidez total titulável não foram afetados,

mas o produto da 'Pedro Sato' apresentou melhor qualidade sensorial que o da 'Paluma'. Os produtos minimamente processados apresentaram baixa contagem microbiana ($< 10^3$ UFC.g⁻¹), em todas as avaliações efetuadas, e tiveram uma vida útil de 9 dias.

Palavras-Chave: *Psidium guajava*, minimamente processado, tomografia, coloração, composição química.

MECHANICAL INJURIES AND MINIMAL PROCESSING IN GUAVA FRUIT: POST-HARVEST PHYSIOLOGY AND QUALITY

ABSTRACT – The present study examined the effects of mechanical injuries due to impact, compression and cuts, and of minimal processing in the physiology of guava fruit 'Paluma' and 'Pedro Sato.' In impact injury, fruit were allowed to fall freely from a height of 1.2 m, subjecting them to two impacts, on opposite sides of the equatorial portion of the fruit. In compression injury, fruit were submitted to a weight of 29.4 N for 15 min. For the cut injury, two longitudinal cuts were made, 30 mm in length and 2 mm deep. Fruit were stored under ambient conditions (23.4 ± 1 °C, 62 ± 6 % RH). In minimal processing, fruit at the stage of harvesting were cut longitudinally in the equatorial region and seeds were removed. After rinsing, fruit were packaged in polyethylene terephthalate containers and stored at 3 °C. 'Paluma' fruit showed a significantly greater resistance to impact injury compared to the Pedro Sato variety. Physical stresses associated with this type of injury produced an internal collapse of fruit locules. The injured area showed more darkening and less color development compared to non-injured areas, for both varieties. Bruised fruits usually produced a higher amount of CO₂ compared to controls, without detecting the occurrence of a respiratory peak. Levels of total soluble solids, reducing sugars, total titratable acidity and ascorbic acid for bruised fruit were lower than those for controls, during the storage period. In the minimally processed product, guava fruit allowed a yield of 51%. Packaging prevented the loss of fresh mass and allowed the modification of the air in its interior. Levels of O₂ and CO₂ were maintained at 16.60 % and 1.95 %, respectively. Color remained about the same and ascorbic acid content was reduced, during the storage period. The content of total soluble solids and total titratable acid was not affected. Minimally processed 'Pedro Sato' guava showed a better sensory quality than that of 'Paluma'. Minimally processed products had a

low microbial count ($< 10^3$ UFC.g⁻¹) in all tests performed, and had shelf life of 9 days.

Key words: *Psidium guajava*, minimally processed, tomography, color, chemical composition.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

A cultura da goiabeira

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma espécie pertencente à família Myrtaceae originária das regiões tropicais americanas, onde pode ser encontrada desde o México até o sul do Brasil (PEREIRA, 1995).

Atualmente, seu cultivo está sendo desenvolvido em mais de 50 países, nas áreas tropicais e subtropicais, incluindo também algumas áreas mediterrâneas (WWWGH, 2000).

Conforme a WWWGH (2000), o Brasil ocupava o lugar de segundo maior produtor mundial de goiabas com cerca de 275.000 toneladas produzidas por ano. São Paulo é o estado que se destaca no cenário brasileiro, produzindo 65% desse total (175.000 toneladas) (AGRIANUAL, 2001).

O fruto, segundo Pereira (1995), é uma baga globosa. Internamente apresenta um mesocarpo de textura firme e quatro a cinco lóculos cheios por uma massa de consistência pastosa com numerosas sementes.

Dentre os frutos tropicais, a goiaba é um dos mais apreciados devido às suas características organolépticas (sabor e aroma) e pelas suas características nutricionais, sendo uma boa fonte de vitamina C, açúcares, fibras e minerais. Em países como o Sudão, a goiaba é uma das mais importantes frutas consumidas e comercializadas nos mercados locais (EL BULK, 1997).

A produção desta fruta destina-se a duas finalidades principais: o consumo ao natural e a industrialização. Apesar da maior parcela dos frutos produzidos destinarem-se ao processamento industrial, verifica-se que, no período de 1998-1999, houve um crescimento de 79% na comercialização de goiabas vermelhas como fruta fresca na CEAGESP de São Paulo (AGRIANUAL, 2001).

As cultivares de polpa vermelha predominam no cultivo comercial, já que sua produção pode ser destinada a todos os mercados, além de serem mais valorizadas no mercado interno de fruta fresca (KAVATI, 1997).

Também de acordo com Kavati (1997), a cultivar mais plantada no Brasil, nos últimos anos, é a 'Paluma'. Obtida na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, a planta produz frutos grandes, podendo atingir 500 g. O formato dos frutos é piriforme e estes possuem a casca lisa e com coloração amarelada, quando maduros. A polpa é espessa, de coloração rosada intensa, ácida e com forte aroma.

A cultivar mais difundida, atualmente, para a produção de fruta fresca, no estado de São Paulo denomina-se 'Pedro Sato'. Possui frutos grandes (300-400 g) e com película rugosa. O formato é oblongo, a casca é rugosa, a polpa é rosada, espessa e firme; possuindo a cavidade cheia e com poucas sementes (KAVATI, 1997).

A goiaba é uma fruta que devido à grande velocidade do seu metabolismo apresenta uma "vida de prateleira" restrita a um máximo de 8 dias (AKAMINE e GOO, 1979; MOWLAH e ITOO, 1983; MERCADO-SILVA et al., 1998).

A definição do comportamento respiratório pós-colheita desta fruta pode ser objeto de alguma dúvida, pois Durigan (1997) relata que trabalhos antigos classificam esta fruta como possuindo um comportamento não climatérico (BIALE e BARCUS, 1970), ao passo que, em trabalhos mais recentes, autores têm indicado que o comportamento dessa fruta é climatérico (AKAMINE e GOO, 1979; OLIVEIRA e CEREDA, 1996; MERCADO-SILVA et al., 1998).

Dentre as causas de perdas pós-colheita destacam-se aquelas devidas à ocorrência de injúrias mecânicas. Muitos pesquisadores têm se dedicado ao estudo de injúrias mecânicas em produtos hortícolas, visando a redução de seus efeitos maléficos na qualidade do produto final. Existem informações que tais injúrias ocasionam danos irreparáveis em oleráceas, como o tomate (SARGENT et al., 1992; MORETTI, 1998) e batatas (SALTVEIT e LOCY, 1982), e em frutas como cerejas (BURTON e SCHULTE-PASON, 1987), tangerinas (IWAMOTO et al., 1984), maçãs (SAMIM e BANKS, 1993), bananas (BANKS e JOSEPH, 1991), citros (IWAMOTO et al., 1976), morango (CHUMA et al., 1984) e papaias

(QUINTANA e PAULL, 1993). Elas provocam diminuição na vida útil desses vegetais, porém não há informações de injúrias mecânicas em goiabas.

Estas injúrias mecânicas são definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais e destruição dos tecidos vegetais, provocadas por forças externas. Adicionalmente, levam a modificações físicas (danos físicos) e/ou alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas que modificam a cor, o aroma, o sabor e a textura dos vegetais (MOHSENIN, 1986). Estas, podem ser agrupadas em injúrias por impacto, compressão ou corte.

A injúria de impacto é geralmente causada pela colisão do fruto contra superfícies sólidas ou outros frutos durante as etapas de colheita, manuseio e transporte. Ela pode causar danos externos, que são facilmente visualizados na superfície, com a ruptura ou não da epiderme, formação de lesões aquosas translúcidas e amolecimento. Além disso, essas injúrias são responsáveis pela retirada da primeira linha de defesa do fruto colhido, permitindo a entrada de patógenos. A ocorrência de impactos pode não causar sintomatologia externa prontamente observável mas, no entanto, o efeito acaba repercutindo *a posteriori*, produzindo injúrias internas (*internal bruising*) (QUINTANA e PAULL, 1993; MORETTI, 1998).

A injúria mecânica por compressão é causada pela imposição de uma pressão variável contra a superfície externa do fruto, quer seja por um fruto adjacente ou pela própria parede da embalagem em que está acondicionado o produto. Neste caso, a deformação causada é parcialmente irreversível e a obstrução da difusão de O₂ foi sugerida como uma das causas dos sintomas de compressão (CALBO et al., 1995). Segundo Calbo e Nery (1995), para a determinação do efeito desta força, o usuário precisa construir seu próprio equipamento, o qual deverá aplicar uma força conhecida, com exatidão, e que permita a medição acurada da área de contato entre a placa compressor e o órgão.

A injúria por corte é geralmente atribuída a uma forte colisão de um fruto contra uma superfície irregular, ou pela imposição de uma pressão sobre o fruto

contra uma superfície também desigual, como as arestas de uma embalagem de colheita ou objetos cortantes utilizados no processamento dos frutos. Independentemente do caso, o resultado deverá ser o rompimento e a perda da integridade celular na região do corte (MOHSEIN, 1986; WILEY, 1997).

A susceptibilidade ao dano mecânico é influenciada por vários fatores, como espécie, cultivar, grau de hidratação celular, estágio de maturação, tamanho, peso, características epidérmicas e condições ambientais (WADE e BAIN, 1980; KAYS, 1991).

Injúrias mecânicas podem causar alterações na síntese de pigmentos de alguns frutos, tornando-os inviáveis à comercialização. Ao submeterem maçãs 'Granny Smith' à injúria por impacto, Samim e Banks (1993) observaram mudanças na coloração desses frutos, onde um rápido escurecimento e a formação de compostos de coloração marrom, provavelmente devido à ação da enzima polifenoloxidase, incidente nos locais injuriados, algumas horas após ter ocorrido a injúria.

Em adição aos típicos sintomas externos e internos, as injúrias mecânicas em frutos são geralmente acompanhadas por elevado número de respostas fisiológicas. Vários autores constataram que frutos submetidos a injúrias mecânicas apresentaram alterações na evolução do CO₂ e do etileno. Burton e Schulte-Pason (1987) constataram que injúrias mecânicas de impacto em mirtilo aumentaram, significativamente, a evolução de CO₂, com o aumento do número de impactos. No mesmo experimento, estes autores evidenciaram uma correlação entre o número de impactos e o subsequente desenvolvimento de podridões. Injúrias de impacto, vibrações e compressão também foram responsáveis por aumentos na atividade respiratória tangerinas 'Satsuma' (IWAMOTO et al., 1984; YUTAKA et al., 1984), cerejas (WADE e BAIN, 1980; MASSEY et al., 1982), e em maçãs (ROBITILLE e JANICK, 1973; LOUGHEED e FRANKLIN, 1974; PARKER et al., 1984).

Quanto ao metabolismo de ácidos orgânicos, Nakamura et al. (1977) constataram que a acidez titulável em tomates aumentou considerável e transitoriamente durante a injúria mecânica por vibração.

Ao estudar a relação entre as injúrias mecânicas e as características organolépticas, vários pesquisadores observaram que as injúrias mostraram-se capazes de alterar o aroma, o sabor e a textura de tomates (MacLEOD et al., 1976; NAKAMURA et al., 1977; MORETTI e SARGENT, 2000).

Moretti et al. (1998) também observaram que as injúrias mecânicas diminuem o teor de vitamina C em tomates.

Chuma et al. (1984) verificaram que morangos submetidos a injúrias de impacto, durante o transporte, apresentaram maior perda de água do que frutos não transportados.

Produtos minimamente processados

O termo minimamente processado tem ganhado consenso para definir produtos “frescos”, que são comercializados limpos, convenientes e que podem ser preparados e consumidos em menos tempo (CANTWELL, 1995).

Um elenco variado de frutas tem se tornado potencialmente interessante para o processamento mínimo. Citam-se os trabalhos desenvolvidos com figo-da-índia (PIGA et al. 2000), kiwi (O’CONNOR-SHAW et al. 1994), mamão “Formosa” (TEIXEIRA et al., 2001), papaias (PAULL e CHEN, 1997), melões (PORTELA e CANTWELL, 1998), pêras (GORNÝ et al., 1998; PITTIA et al., 1999) maçãs (KIM et al., 1993), morangos (ROSEN e KADER, 1989), abacaxis (O’CONNOR-SHAW et al. 1994), pêssegos e nectarinas (GORNÝ et al., 1999), entre outras.

As operações envolvidas na preparação de frutos, hortaliças pré-cortadas, geralmente reduzem a vida útil das mesmas (CANTWELL, 1992). Os cortes levam a mudanças fisiológicas que resultam em prejuízos à aparência e são, no momento, um dos principais problemas ao processamento mínimo. A perda da integridade celular, na superfície do corte, destrói a compartimentalização de

enzimas e substratos fazendo com que as reações de escurecimento, assim como a formação de metabólitos secundários indesejáveis sejam conseqüências deste processo. A senescência pode ser acelerada e odores indesejáveis podem ser desenvolvidos, com a aceleração da respiração e da produção de etileno nos locais cortados (BURNS, 1995). Portela e Cantwell (1998) observaram significativas modificações na coloração e na firmeza de melões “Honeydew” minimamente processados, constatando escurecimento (decréscimo de luminosidade) e perda da intensidade da cor, ao longo do armazenamento.

As lesões levam os tecidos vegetais a sintetizarem compostos secundários, muito dos quais parecem estar relacionados à manutenção de sua integridade ou à defesa contra o ataque de microrganismos e insetos. Estes compostos podem afetar o aroma, o sabor, a aparência e o valor nutritivo, principalmente após certo período de armazenamento, quando comparados com os vegetais intactos, além da persistência de alguns odores e sabores desagradáveis.

Quando tecidos vegetais são lesionados, ocorre elevação na atividade respiratória e na produção do etileno, algumas vezes dentro de poucos minutos, mas usualmente dentro de uma hora (ABELES et al., 1992; BRECHT, 1995). O etileno acelera a deterioração e a senescência dos tecidos vegetais e promove o amadurecimento de frutas climatéricas, levando a diferenças na idade fisiológica entre os tecidos intactos e os feridos (WATADA et al., 1990).

Os danos mecânicos podem ser a causa da degradação da membrana lipídica (ROLLE e CHISM III, 1987). Degradação enzimática extensiva ocorre em sistemas cujas membranas foram lesionadas, levando a perdas dos componentes lipídicos e da compartimentalização das enzimas e substratos. O etileno produzido com as injúrias tem um importante papel neste processo, pois aumenta a permeabilidade das membranas e reduz a biossíntese de fosfolipídios (WATADA et al., 1990). Esses autores constataram evolução na perda de firmeza e pigmentos de alguns vegetais minimamente processados, devido ao etileno.

O corte e/ou descasque de vegetais também expõe os tecidos interiores e aumenta drasticamente a velocidade de evaporação da água, que é 5 a 10 vezes

maior que para órgãos levemente protegidos por camadas suberizadas, como o nabo e a cenoura, podendo chegar a valores acima de 500 vezes em batatas, (BRECHT, 1995). Além disso, o corte pode levar à formação de áreas lignificadas na região da injúria, conforme relatos em laranjas (BROWN, 1973), cenouras (BOLIN e HUXSOLL, 1991) e abobrinhas (HYODO et al., 1993).

Vários tratamentos têm sido utilizados para manter a estabilidade e a qualidade de frutos minimamente processados, durante o armazenamento e a distribuição (KING e BOLIN, 1989). Para evitar ou minimizar reações de escurecimento enzimático em frutas minimamente processadas, trabalhos utilizando ácido ascórbico (BARRETT, 1995; GORNY et al., 1999) e cloreto de cálcio (POINTING et al., 1972; GORNY et al., 1998) vêm sendo realizados.

Dentre os fatores que afetam a qualidade dos vegetais minimamente processados, Watada et al. (1996) citam o controle da temperatura de armazenamento, da composição atmosférica, da umidade relativa e dos microrganismos no interior das embalagens.

O controle da sanidade e as condições de refrigeração são muito importantes (BOLIN e HUXSOLL, 1991), assim como o uso de atmosfera controlada ou atmosfera modificada, o que tem sido empregado com sucesso na produção de pêra e morango fatiados (ROSEN e KADER, 1989).

A embalagem de produtos minimamente processados em filmes poliméricos permeáveis, contentores semi-rígidos, ou ambos, pode reduzir a concentração de O_2 e aumentar a de CO_2 na atmosfera do interior da embalagem, reduzindo a degradação da qualidade e aumentando a vida útil dos produtos (SCHLIMME, 1995). Tecnologias mais avançadas como o uso de filmes ativos, que possuem membranas seletivas capazes de manter a composição atmosférica ideal no interior da embalagem, têm sido utilizadas para ambientes de atmosferas controladas, atmosferas modificadas e vácuo (RONK et al, 1989). Porém, o custo elevado desses filmes impede seu uso em larga escala. Segundo Sarantópoulos (2000), condições de atmosferas modificadas permitem a redução na taxa respiratória dos vegetais, na maturação e na senescência, com preservação do

vigor e o prolongamento da vida útil. Alguns autores têm afirmado, que as atmosferas modificadas (AM) eficientes devam atingir níveis de O₂ abaixo de 10% e de CO₂ em torno de 2-4%, para o prolongamento da vida útil dos vegetais, mas isso é dependente da espécie de vegetal utilizado (BARMORE, 1987; LIOUTAS, 1988). Com isso, pode-se diminuir as perdas sensoriais, devidas a mudanças oxidativas dos pigmentos e lipídios, e a velocidade das oxidações bioquímicas durante a senescência, assim como retardar a perda da umidade e minimizar o escurecimento enzimático, o ataque de microrganismos e as injúrias pelo frio (SARANTÓPOULOS, 2000).

O processamento mínimo favorece a contaminação dos alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do manuseio e dos aumentos das injúrias nos tecidos, que podem diminuir a qualidade e a vida útil do produto (WILEY, 1997). As etapas adotadas no processamento mínimo, geralmente, não asseguram esterilidade ou estabilidade microbiológica ao produto. Desta forma, a sanitização é uma etapa de relevância neste processamento e os produtos a base de cloro são os sanitizantes mais utilizados para a desinfecção superficial de frutas e hortaliças (VANETTI, 2000). Esse mesmo autor afirma que água contendo de 50 a 200 mg de cloro.L⁻¹ é amplamente usada para desinfetar produtos minimamente processados em escala comercial. Em alguns casos, o cloro é empregado mais para manter a qualidade da água do que para a desinfecção do produto (CANTWELL, 2000).

A lavagem com água clorada reduz a população microbiana de frutas e vegetais minimamente processados (BEAUCHAT et al., 1998). Segundo Mazollier¹, citado por Nguyen-The e Carlin (1994), a contagem microbiana total de saladas verdes, só foi reduzida mediante o emprego de hipoclorito de sódio (NaOCl) a 50 ppm, na lavagem. Nguyen-The e Carlin (1994) alertam que a eficácia das soluções com cloro é extremamente dependente do produto que se deseja desinfetar. Muitas vezes, a solução de NaOCl não consegue entrar em

¹ MAZOLLIER, J., IVè gamme. Lavage-desinfection des salades. **Infos-Ctifl**, n. 41, p. 19, 1988.

contato com a superfície dos frutos, devido à natureza hidrofóbica de suas cutículas, que atua como um filme inibidor do efeito do hipoclorito.

O controle da temperatura é uma técnica muito útil e importante para minimizar as injúrias provocadas pelo processamento mínimo em frutas e hortaliças. As reações metabólicas nesses produtos são reduzidas, em aproximadamente duas ou três vezes a cada redução de 10 °C na temperatura (KADER, 1992). Como as frutas minimamente processadas são muito mais perecíveis que as intactas, devido ao grande estresse físico a que estas foram submetidas, necessitam portanto de temperatura de armazenamento inferior a dos frutos intactos. O aumento na respiração e na produção de etileno, bem como outras reações associadas ao processamento, são minimizados quando o produto fresco é processado sob baixas temperaturas (BRECHT, 1995). Watada et al. (1996), ao compararem a taxa respiratória de vários frutos intactos e submetidos ao processamento mínimo, sob várias temperaturas, observaram que a respiração dos produtos era sempre maior que nos respectivos frutos intactos e que essa taxa aumentava com o aumento da temperatura de armazenamento. A temperatura também auxilia no controle do crescimento microbiano. Odumeru et al. (1997) demonstraram que o controle da temperatura é fundamental para a manutenção da qualidade de hortaliças minimamente processadas, pois encontraram maior aumento na população de bactérias mesófilas e psicrotróficas, em vegetais minimamente processados e estocados a 10 °C, do que nos armazenados a 4 °C. De acordo com Brecht (1995), temperaturas muito baixas, como 0 °C, durante o processamento podem causar injúrias nos tecidos das frutas e hortaliças minimamente processadas.

Muitos trabalhos têm sido desenvolvidos no intuito de gerar tecnologias na pós-colheita de frutas. No entanto, não há referência, na literatura consultada, de trabalhos realizados com processamento mínimo de goiabas.

Objetivo

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos físicos, químicos e fisiológicos da ocorrência de diferentes injúrias mecânicas sobre a qualidade final de goiabas destinadas ao consumo de fruta fresca e minimamente processada.

Referências

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTWEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2ND ed. San Diego: Academic Press.1992.

AGRIANUAL 2001: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2001. 546 p.

AKAMINE, E.K.; GOO, T. Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and species of *Eugenia*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 104, n. 5, p. 632-635, 1979.

BANKS, N.H.; JOSEPH, M. Factors affecting resistance of banana fruit to compression and impact bruising. **Journal of Food Science and Agriculture**, v. 56, p. 315-323, 1991.

BARMORE, C.R. Packing technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Tumbull, n. 10, p. 207-217, 1987.

BARRET, D.M. Product preparation and special treatment. **Perishables Handling Newsletter**, Davis, n. 81, February, p. 10-12, 1995.

BEAUCHAT, L.R.; NAIL, B.V.; ADLER, B.B.; CLAVERO, M.R.S. Efficacy of spray application of chlorinated water in killing pathogenic bacteria on raw apples, tomatoes and lettuce. **Journal of Food Protection**, Iowa, n. 61, p. 1305-1311, 1998.

BIALE, J.B.; BARCUS, D.E. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon Basin. **Tropical Science**, v. 12, n. 2, p. 93-104, 1970.

BOLIN, H.R.; HUXSOLL, C.C. Effect of preparation procedures and storage parameters on quality retention of salad-cut lettuce. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, p. 60-62, 1991.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

BROWN, J.K. Development of green mold in degreened oranges. **Phytopathology**, St. Paul, v. 63, n. 9, p. 1104-1107, 1973.

BURNS, J.K. Lightly processed fruits and vegetables: Introduction. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 14-15, 1995.

BURTON, C.L.; SCHULTE-PASON, N.L. Carbon dioxide as an indicator of fruit impact damage. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 2, p. 281-282, 1987.

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**. Brasília, v. 12, n. 1, p. 14-18, 1995.

CALBO, A.G.; NERY, A.A.; HERMANN, P.S.P. Intercellular deformation in compressed organs. **Annals of Botany**, London, v. 76, p. 365-370, 1995.

CANTWELL, M. Food safety concerns during postharvest handling of produce in California: focus on improved disinfections practices for cooling and process waters. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE TECNOLOGÍA POSTCOSECHA Y AGROEXPORTACIONES, 2., 2000. Santa Fe de Bogotá. **Memorias**. Santa Fe de Bogotá:Universidad Nacional de Colombia. 2000. v. 1, p. 17-25.

CANTWELL, M. Fresh-cut products. **Perishables Handling Newsletter**, Davis, n. 81, p. 2-3, 1995.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: Minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (Ed.). **Postharvest technology of horticultural crops**. 2ND ed. Davis: University of California, 1992. p. 277-281.

CHUMA, Y.; MURATA, S.; IWAMOTO, M.; NISHIHARA, A.; HORI, Y. Donner strawberry transportation in refrigerated truck for 700 kilometers. **Annals of the Agricultural Engineering Society**, v. 45, n. 2, p. 292-297, 1984.

DURIGAN, J.F. Colheita, Conservação e Embalagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1, 1997. **Anais...** Jaboticabal:FCAV/UNESP-FUNEP-GOIABRÁS, 1997, p. 149-158.

EL BULK, R.E.; BABIKER, EL F.E.; EL TINAY, A.H. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. **Food Chemistry**, Great Britain, v. 59, n. 3, p. 395-399, 1997.

GORNY, J.R.; GIL, M.I.; KADER, A.A. Postharvest physiology and quality maintenance of fresh-cut pears. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 464, p. 231-236, 1998.

GORNY, J.R.; HESS-PIERCE; KADER, A.A. Quality changes in fresh-cut peach and nectarine slice as affected by cultivar storage atmosphere and chemical treatments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 429-432, 1999.

HYODO, H.; HASHIMOTO, C.; MOROZUMI, M.; UKAI, M.; YAMADA, C. Induction of ethylene production and lignin formation in wounded mesocarp tissue of *Cucurbita maxima*. **Acta Horticulturae**, Wageningen, n. 343, p. 264-269, 1993.

IWAMOTO, M.; HAYAKAWA, A.; KAWANO, S.; MANAGO, M. Effect of dropping practice in packing house lines on the quality of Satsuma mandarin. **Annals of the Engineering Society**, v. 45, n. 4, p. 539-544, 1984.

IWAMOTO, K.; SHIGA, T.; CHUMA, Y. Effects of dropping and waxing practices in the packing house lines on the quality of Satsuma mandarins. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 45, n. 2, p. 203-209, 1976.

KADER, A.A. (ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis:University of California, 1992. 296 p.

KAVATI, R. Cultivares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal:FCAV/UNESP-FUNEP-GOIABRÁS, 1997, p. 1-16.

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

KIM, D.M.; SMITH, N.L.; LEE, C.Y. Apple cultivar variations in response to heat treatment and minimal processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, n. 5, p. 1111-1114,1124, 1993.

KING, A.D.; BOLIN, H.R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n. 2, p. 132-135, 1989.

LIOUTAS, T. Challenges of controlled and modified atmosphere packing: a food company's perspective. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 9, p. 78-86, 1988.

LOUGHEED, E.C.; FRANKLIN, E.W. Ethylene production increased by bruising of apples. **HortScience**, Alexandria, v. 9, n. 3, p. 192-193, 1974.

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. 604-606, 1976 (b).

MASSEY, L.M.; CHASE, B.R.; STARR, M.S. Effect of rough handling on CO₂ evolution from 'Howes' cranberries. **HortScience**, Alexandria, v. 17, p. 57-58. 1982.

MERCADO-SILVA, E.; BENITO-BAUTISTA, P.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, p. 143-150, 1998.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**: structure, physical characteristics and mechanical properties. New York: Gordon and Breach, 2nd ed., 1986, 891 p.

MORETTI, C.L. **Injúria interna de impacto em frutos de tomate: fisiologia e conservação pós-colheita**. 1998. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 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. 385-388, 2000.

MORETTI, C.L.; SARGENT, S.A.; HUBER, D.J.; CALBO, A.G.; PUSCHMANN, R. Chemical composition and physical properties of pericarp, locule, and placental tissues of tomatoes with internal bruising. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 123, n. 4, p. 656-660. 1998.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Changes in pectic componentes, ascorbic acid, pectic enzymes and cellulase activity in ripening and stored guava (*Psidium guajava* L.). **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Kannondai, v. 30, p. 454-461, 1983.

NAKAMURA, R.; ITO, T.; INABA, A. Effect of vibration on the respiration of fruits. 2. Effects of vibration on the respiration rate and quality of tomato fruit during ripening after vibration. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Kyoto, v. 46, n. 3, p. 349-360. 1977.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, n. 34, v. 4, p. 371-401. 1994.

O'CONNOR-SHAW, R.E.; ROBERTS, R.; FORD, A.L. NOTTINGHAM, S.M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Jounal of Food Science**, Chicago, n. 59, 1202-1206, 1994.

ODUMERU, J.A.; MITCHELL, S.J.; ALVES, D.M.; LYNCH, J.A.; YEE, A.J.; WANG, S.L.; STYLIADIS, S.; FARBER, J.M. Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for health-care food services. **Journal of Food Protection**, Iowa, v. 60, n. 8, p. 954-960, 1997.

OLIVEIRA, M.A.; CEREDA, M.P. Determinação da curva de respiração na pós-colheita dos frutos de goiaba híbrida (Branca) (*Psidium guajava*) variedade Kumagai. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14, 1996, Curitiba, PR. **Resumos**. Londrina:IAPAR, 1996. p. 239.

PARKER, M.L.; WARDOWSKI, W.F.; DEWEY, D.H. A damage test for oranges in a commercial packing house line. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v. 97, p. 136-137. 1984.

PAULL, R.E.; CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 12, p. 93-99, 1997.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal:FUNEP, 1995. 47 p.

PIGA, A.; D'AQUINO, S.; AGABBIO, M.; EMONTI, G.; FARRIS, G.A. Influence of storage temperature on shelf-life of minimally processed cactus pear fruits. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, London, v. 33, n. 1, p. 15-20, 2000.

PITTIA, P.; NICOLI, C.; COMI, G.; MASSINI, R. Shelf-life extension of fresh-like ready-to-use pear cube. **Journal of the Science of Food & Agriculture**, Sussex, v. 79, n. 7, p. 955-960. 1999.

POINTING, J.D.; JACKSON, R.; WATTERS, G. Refrigerated apple slices: preservative effects of ascorbic acid, calcium and sulfites. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 37, p. 434-436, 1972.

PORTELA, S.I.; CANTWELL, M.I. Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, p. 351-357, 1998.

QUINTANA, M.E.G.; PAULL, R.E. Mechanical injury during postharvest handling of 'Solo' papaya fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. 5, p. 618-622. 1993.

ROBITAILLE, H.A.; JANICK, J. Ethylene production and bruise injury in apple. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 98, p. 411-413. 1973.

ROLLE, R.S.; CHISM III, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Tumbull, v. 10, p. 157-177, 1987.

RONK, R.J.; CARSON, K.L.; THOMPSON, P. Processing, packaging, and regulation of minimally processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 43, n. 2, p. 136-139, 1989.

ROSEN, J.C.; KADER, A.A. Postharvest technology physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits. **Journal Food Science**, Chicago, v. 54, p. 656-659, 1989.

SALTVEIT, M.E.Jr.; LOCY, R.D. Cultivar differences in ethylene production by wounded sweet potato roots. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 107, n. 6, p. 1114-1117, 1982.

SAMIM, W.; BANKS, N.H. Colour changes in bruised apple fruit tissue. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 21, n. 4, p. 367-372, 1993.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. Embalagens plásticas para hortaliças e frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras**. Viçosa:UFV, 2000. p. 53-72.

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. 119-123, 1992.

SCHLIMME, D.V. Marketing lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, n. 30, v. 1, p. 15-17, 1995.

TEIXEIRA, G.H.A.; DURIGAN, J.F.; MATTIUZ, B.H.; ROSSI JÚNIOR, O.D. Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001.

VANETTI, M.C.D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. In: II ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000. **Palestras**. Viçosa:UFV, 2000, p. 44-52.

WADE, N.L.; BAIN, J.M. Physiological and anatomical studies of surface pitting of sweet cherry fruit in relation to bruising, chemical treatments and storage conditions. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 55, n. 4, p. 375-384, 1980.

WATADA, A.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 20, p. 116-122, 1990.

WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 9, p. 115-125, 1996.

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

WWWGH. Welcome to the Wonderful World of Guavas Homepage. **Distribution**. Disponível em <<http://www.ocf.berkeley.edu/~montymex/guava/guavaintro.html>>. Acesso em: 29 nov. 2000.

YUTAKA, C.; HIROMI, I.; TAKAHISA, M. Bruise and respiration characteristics of citrus 'Unshiu' as related to material handling and in-transit injury. **Annals of the Engineering Society**, v. 45, n. 1, p. 104-108, 1984.

CAPÍTULO 2 – FISIOLOGIA E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE GOIABAS ‘PALUMA’ E ‘PEDRO SATO’, EM DOIS ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO, SUBMETIDAS À INJÚRIA MECÂNICA DE IMPACTO

RESUMO – o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das injúrias mecânicas por impacto, na atividade respiratória, composição química e coloração de goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, em dois estádios de maturação e armazenadas em condições de ambiente. Foram utilizados frutos provenientes de pomar comercial nos estádios de maturação “verde” e “de vez”. Os frutos foram deixados cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m e cada um sofreu dois impactos na região equatorial, em lados opostos. Em seguida, eles foram armazenados a $23,6 \pm 2$ °C e 66 ± 8 %UR (condição de ambiente). As goiabas injuriadas e não injuriadas foram monitoradas, diariamente, quanto à atividade respiratória, através da produção de CO₂, e à coloração, através da luminosidade (*L*), do ângulo de cor (*h*°) e da cromaticidade (*C*). O conteúdo de ácido ascórbico, acidez total titulável e sólidos solúveis totais foram avaliados a cada dois dias. As injúrias mecânicas por impacto promoveram aumentos na atividade respiratória das goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, em ambos os estádios de maturação. Houve uma evolução significativa nas variáveis dependentes *L*, *h*° e *C* de ambas as cultivares e nos dois estádios de maturação. A área injuriada dos frutos se mostrou mais escurecida (*L* = 58,34) e com coloração amarelada (*h*° = 109,18) menos intensa (*C* = 44,03) que a intacta (*L* = 61,31; *C* = 46,35). Os teores de ácido ascórbico e acidez total titulável dos frutos injuriados apresentaram-se com valores menores que os do controle.

Palavras-Chave: *Psidium guajava*, pós-colheita, respiração, composição química, coloração.

Introdução

O Brasil é o segundo produtor mundial de goiaba (*Psidium guajava* L.), com uma produção anual de 257 mil toneladas. Apesar da maior parte da produção desta fruta destinar-se à indústria, no período de 1998-99 houve um incremento de 79% na comercialização de goiaba vermelha destinada ao consumo como fruta fresca, no CEAGESP - SP (AGRIANUAL, 2001).

A goiaba é um fruto tropical altamente perecível, sendo que seus processos fisiológicos são bastante acelerados e seus efeitos agravados pelas condições às quais as frutas são submetidas, durante e após a colheita (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Dentre as causas de perdas pós-colheita destacam-se aquelas devidas à ocorrência de injúrias mecânicas. Estas injúrias são definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais e destruição dos tecidos vegetais, provocadas por forças externas. Adicionalmente, levam a modificações físicas (danos físicos) e/ou alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas na cor, aroma, sabor e textura dos vegetais (MOHSENIN, 1986).

A injúria de impacto é geralmente causada pela colisão do fruto contra superfícies sólidas ou outros frutos, durante as etapas de colheita, manuseio e transporte. Existem evidências que tais injúrias ocasionam danos irreparáveis em frutos, como maçãs (PARKER et al., 1984), tangerinas 'Satsuma' (IWAMOTO et al., 1984) e cerejas (BURTON e SCHULTE-PASON, 1987), provocando aumento na atividade respiratória e alterações químicas, reduzindo sua vida útil. Entretanto, não há informações dos efeitos de injúrias mecânicas em goiabas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das injúrias mecânicas, por impacto, na atividade respiratória, na composição química e na coloração de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', em dois estádios de maturação e armazenadas em condições de ambiente.

Material e Métodos

Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Pedro Sato e Paluma, provenientes de pomar comercial, nos estádios de maturação “verde” (superfície do fruto completamente verde) e “de vez”, correspondente a coloração verde-mate (PEREIRA, 1995).

Depois de colhidos e acondicionados em caixas, previamente revestidas com papel, os frutos foram transportados, rápida e cuidadosamente, ao Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da UNESP/FCAV – Campus de Jaboticabal, SP, distante 43 km do local da colheita. Após imersão em água fria (15 °C) e clorada (150 mg de cloro.L⁻¹) por 5 minutos, estes frutos foram submetidos às injúrias mecânicas por impacto, deixado-os cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m. Cada fruto sofreu dois impactos na região equatorial, em lados opostos. Em seguida, eles foram armazenados a 23,6±2 °C e 66±8 %UR (condição de ambiente).

A evolução de CO₂ foi determinada diariamente, colocando-se quatro frutos em um recipiente, com capacidade para 3 litros, hermeticamente fechado, por um período de 1 hora, sob as condições de ambiente. Foram tomadas alíquotas de 0,3 mL do conteúdo da atmosfera do interior dos recipientes, antes e imediatamente após este período, com uma seringa apropriada (Exmire Microseringe, Ito Corp.), as quais tiveram seus teores de CO₂ determinados em cromatógrafo (GC Finnigan, Mod. 9001).

Foram realizadas avaliações diárias de coloração, através de um refletômetro Minolta CR 200b, que utiliza o sistema da CIE 1976 (MINOLTA CORP., 1994), o que permitiu calcular a luminosidade (*L*), o ângulo Hue ou de cor (*h*°) e a cromaticidade (*C*) das regiões injuriadas e não injuriadas, no mesmo fruto.

Para as análises químicas, as amostras eram tomadas a cada dois dias utilizando-se somente o pericarpo lesionado dos frutos injuriados, enquanto que os frutos controle forneceram o pericarpo não lesionado. Estas amostras eram trituradas até a homogeneização e mantidas a -18 °C até a análise, efetuada na

semana seguinte. Estas amostras foram analisadas quanto aos seus conteúdos de acidez total titulável, sólidos solúveis totais e ácido ascórbico, conforme metodologia da AOAC (1980).

Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial composto por quatro fatores: **cultivar** ('Paluma' e 'Pedro Sato'), **estádio de maturação** ("verde" e "de vez"), **injúria** (com e sem) e **data de amostragem**. Foram utilizadas três repetições para a determinação de CO₂ e para as análises químicas, e dez para a determinação da coloração.

Resultados e Discussão¹

Durante o período de armazenamento, os frutos de ambas as cultivares e nos dois estádios de maturação apresentaram produção crescente de CO₂, com os frutos injuriados produzindo maior quantidade de CO₂ que os não injuriados (Figuras 1 e 2). Akamine e Goo (1979) também observaram que ocorreu um incremento acentuado na produção de CO₂ em goiabas durante a fase de maturação, ou seja, até o sétimo dia, em frutos armazenados a temperatura ambiente. Efeitos semelhantes das injúrias também foram encontrados por Burton e Schulte-Pason (1987), que relataram aumento na evolução de CO₂ em cerejas submetidas a várias intensidades de impacto. Moretti (1998) também verificou evoluções maiores na produção de CO₂ em tomates submetidos a impacto, quando comparados aos controle.

¹ As análises de variância dos efeitos das injúrias mecânicas na coloração externa e parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', nos dois estádios de maturação estudados, podem ser observadas nas Tabelas 1 e 2 do apêndice.

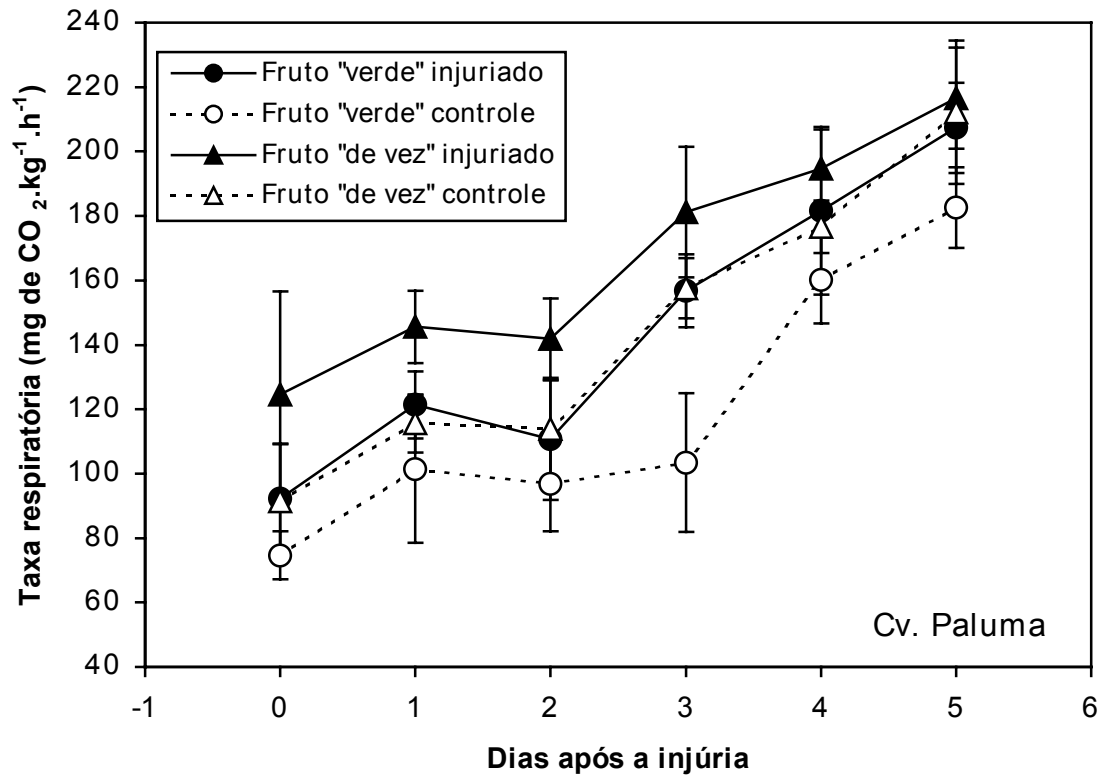


Figura 1. Taxa respiratória, em mg de CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, de goiabas 'Paluma', nos estádios de maturação "verde" e "de vez", submetidas à injúria por impacto, durante o período de armazenamento.

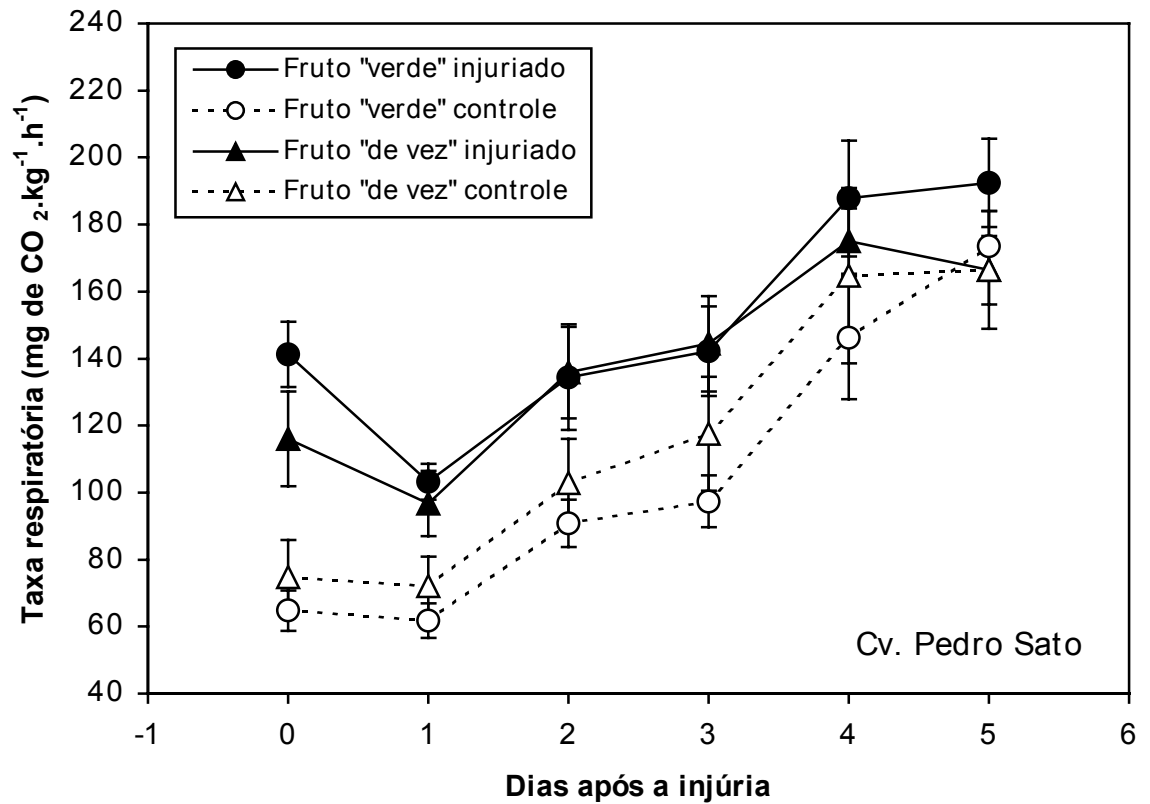


Figura 2. Taxa respiratória, em mg de CO₂.kg⁻¹.h⁻¹, de goiabas 'Pedro Sato', nos estádios de maturação "verde" e "de vez", submetidas à injúria por impacto, durante o período de armazenamento.

Observa-se que houve uma evolução significativa para as variáveis dependentes L , h° e C para ambas as cultivares e nos dois estádios de maturação, ao longo do tempo de armazenamento (Tabela 1). Houve um aumento significativo na luminosidade, na cromaticidade e na evolução da cor dos frutos. O aumento na luminosidade, conjugado com o aumento na cromaticidade, revela que a mudança da cor verde para a amarela, pode ser resultado da redução nos conteúdos de clorofilas e aumento nos de carotenóides, que associado a aumento no brilho, leva a evolução da coloração verde-escura para a amarela brilhante. Esta tendência também é marcante quando se compara o efeito dos estádios de

maturação dos frutos. Quanto ao efeito da lesão, observa-se que a área injuriada dos frutos se mostrou mais escurecida ($L = 58,34$) e com coloração amarelada ($h^\circ = 109,18$) menos intensa ($C = 44,03$) que a intacta ($L = 61,31$; $C = 46,35$). O escurecimento da área injuriada pode estar relacionado à ação de enzimas que tenham promovido a oxidação dos compostos fenólicos (MOHSENIN, 1986).

Tabela 1. Valores médios de coloração externa (L = luminosidade; h° = ângulo de cor; C = cromaticidade) em frutos de goiaba das cultivares Pedro Sato e Paluma, colhidos em dois estádios de maturação, submetidos a injúria mecânica por impacto e armazenados sob condições de ambiente ($23,6\pm 2^\circ\text{C}$ e $66\pm 8\% \text{UR}$).

Variável	L	h°	C
Cultivar			
Pedro Sato	59,08 a	111,19 a	44,14 b
Paluma	60,57 a	107,41 b	46,36 a
Estádio			
Verde	55,59 b	113,97 a	42,71 b
De vez	64,02 a	104,66 b	47,75 a
Fruto			
Área não lesionada	61,31 a	109,41 a	46,45 a
Área lesionada	58,34 b	109,18 a	44,03 b
Dia			
0	54,39 f	119,02 a	40,40 f
1	56,49 e	115,18 b	42,52 e
2	58,54 d	111,52 c	44,34 d
3	61,16 c	106,94 d	46,51 c
4	63,30 b	103,08 e	48,11 b
5	65,05 a	99,79 f	49,51 a

Obs.: médias seguidas de pelo menos uma letra comum, nas colunas, para cada variável, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Verifica-se que com o passar dos dias houve aumento nos teores da acidez total titulável (ATT) e nos conteúdos de ácido ascórbico (Tabela 2). Esteves et al. (1984) afirmaram que o teor de ácido ascórbico aumenta com o desenvolvimento e a maturação dos frutos de goiabeira e decresce durante a senescência. O teor de sólidos solúveis totais (SST) manteve-se estável durante o período de armazenamento, com diminuição detectada somente no 6º dia. Isto pode ser devido ao fato dos frutos, no último dia da avaliação, estarem num estágio avançado de amadurecimento. Os valores da relação SST/ATT diminuíram significativamente com o passar dos dias, revelando decréscimo no sabor doce dos frutos e conseqüente perda de qualidade ao longo do tempo. Segundo Seymour et al. (1993), esta relação entre os conteúdos de açúcares e de ácidos orgânicos, dentro do vacúolo das células, é uma grande contribuição ao sabor do fruto.

Os frutos da cultivar Pedro Sato, por possuírem uma menor ATT que os da 'Paluma', se destacaram pela maior relação SST/ATT (Tabela 2), ou seja, são mais doces. Estes dados reafirmam as informações de Kavati (1997) onde caracteriza os frutos da cultivar Paluma como sendo ácidos.

Quanto ao estágio de maturação, observa-se que o teor de ácido ascórbico é menor em frutos no estágio "de vez" do que em "verdes". Isto vai de encontro ao observado por Mowlah e Itoo (1983) e Esteves et al. (1984) que relataram uma evolução no teor dessa vitamina em função do desenvolvimento dos frutos. É possível que esta diferença se deva à amostragem, pois é difícil de se estreitar a escolha dos frutos, dentro de um estágio de maturação, através coloração destes.

Sargent et al. (1992), ao simularem impacto em tomates de três cultivares, em dois estádios de maturação, constataram que a injúria interna foi influenciada pela cultivar e pelo estágio de amadurecimento, onde tomates no estágio "de vez" (*breaker-stage*) foram mais susceptíveis que os no estágio anterior a esse ponto (*mature-green*).

Tabela 2. Variações dos teores de ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e relação SST/ATT do pericarpo externo de goiaba 'Paluma' e 'Pedro Sato', colhidos em dois estádios de maturação, submetidos a injúria mecânica por impacto e armazenados sob condições de ambiente ($23,6 \pm 2$ °C e 66 ± 8 %UR).

Variável	AA mg.kg ⁻¹	SST °Brix	ATT g.kg ⁻¹	SST/ATT
Cultivar				
Paluma	682,83 a	9,39 a	10,55 a	9,09 b
Pedro Sato	583,87 b	9,21 b	7,44 b	12,60 a
Estádio				
Verde	598,84 b	9,74 a	9,89 a	10,22 b
De vez	667,85 a	8,87 b	8,10 b	11,47 a
Fruto				
Área lesionada	616,85 b	9,26 a	8,80 b	11,04 a
Área não lesionada	649,85 a	9,34 a	9,19 a	10,65 a
Dia				
0	537,65 c	9,30 a	7,81 c	12,39 a
2	621,70 b	9,48 a	8,95 b	10,96 b
4	706,46 a	9,49 a	9,57 a	10,36 c
6	667,57 a	8,94 b	9,65 a	9,68 d

Obs.: médias seguidas de pelo menos uma letra comum, nas colunas, para cada variável, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

O lesionamento não promoveu diferenças no sabor, contudo levou a uma acidez menor e a uma menor quantidade de ácido ascórbico (Tabela 2). Provavelmente isto se deva à utilização destes compostos como substratos do processo respiratório, já que nos frutos injuriados ocorreu uma maior produção de CO₂ que nos frutos controle. Resultados semelhantes também foram verificados por Moretti et al. (1998) que observaram uma redução no teor de vitamina C em tomates injuriados. Segundo Seymour et al. (1993), a redução nos teores de ácidos orgânicos em frutos maduros de goiaba é um indicativo de senescência.

Os frutos não injuriados mantiveram uma condição aceitável para o mercado até o 4º dia após a colheita, nas condições do experimento. A partir de

então, todos os frutos apresentaram uma perda muito intensa de brilho decorrente da diminuição da massa fresca desses frutos, além da produção de compostos voláteis indesejáveis. Adicionalmente, os frutos injuriados apresentaram uma baixa qualidade visual – devido às injúrias – tornando-os inviáveis a comercialização, a partir do primeiro dia após a colheita.

Conclusões

As injúrias mecânicas promoveram aumentos na atividade respiratória de goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, nos estádios de maturação “verde” e “de vez”. Houve uma evolução significativa para as variáveis dependentes L , h° e C , durante o armazenamento. A área injuriada dos frutos se mostrou mais opaca (C) e mais escurecida (L) que a intacta. Os teores de ácido ascórbico e acidez total titulável dos frutos injuriados apresentaram-se com valores menores que os do controle.

Referências

AGRIANUAL 2001: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2001. 546 p.

AKAMINE, E.K.; GOO, T. Respiration and ethylene production in fruits of species and cultivars of *Psidium* and species of *Eugenia*. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 104, n. 5, p. 632-635, 1979.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington: A.O.A.C., 1980. 1018 p.

BURTON, C.L.; SCHULTE-PASON, N.L. Carbon dioxide as an indicator of fruit impact damage. **HortScience**, Alexandria v. 22, n. 2, p. 281-282, 1987.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990, 320 p.

ESTEVES, M.T. da C.; CARVALHO, V.D. de; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B.; PAULA, M.B. de. Characteristics of fruits of six guava (*Psidium guajava* L.) cultivars during ripening. II. Vitamin C and tannin contents. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, 1984, Florianópolis, SC. **Anais....** Florianópolis:EMPASC, 1984, v. 2, p. 490-500.

IWAMOTO, M.; HAYAKAWA, A.; KAWANO, S.; MANAGO, M. Effect of dropping practice in packing house lines on the quality of Satsuma mandarin. **Annals of the Engineering Society**, v. 45, n. 4, p. 539-544, 1984.

KAVATI, R. Cultivares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal:FCAV/UNESP-FUNEP-GOIABRÁS, 1997, p. 1-16.

MINOLTA CORP. **Precise color communication: color control from feeling to instrumentation**. Ramsey: Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994, 49 p.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics and mechanical properties**. New York: Gordon and Breach, 2nd ed., 1986, 891 p.

MORETTI, C.L. **Injúria interna de impacto em frutos de tomate: fisiologia e conservação pós-colheita**. 1998. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

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.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Changes in pectic componentes, ascorbic acid, pectic enzymes and cellulase activity in ripening and stored guava (*Psidium guajava* L.). **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Kannondai, v. 30, p. 454-461, 1983.

PARKER, M.L.; WARDOWSKI, W.F.; DEWEY, D.H. A damage test for oranges in a commercial packing house line. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v. 97, p. 136-137. 1984.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal:FUNEP, 1995. 47 p.

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. 119-123, 1992.

SEYMOUR, G.B; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454 p.

CAPÍTULO 3 – FIRMEZA E COLORAÇÃO EM GOIABAS DAS CULTIVARES PALUMA E PEDRO SATO, SUBMETIDAS À INJÚRIAS MECÂNICAS

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das injúrias mecânicas por impacto, compressão ou corte, na firmeza e coloração de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', colhidas no estágio de maturação "de vez" e armazenadas sob condições de ambiente. Na injúria por impacto, os frutos foram deixados cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m, sofrendo dois impactos, em lados opostos da porção equatorial do fruto. Na injúria por compressão, os frutos foram submetidos a um peso de 29,4 N, por 15 minutos. Para a injúria por corte, foram efetuados dois cortes, no sentido longitudinal dos frutos, de exatamente 30 mm de comprimento por 2 mm de profundidade. Os frutos injuriados foram colocados em bandejas de isopor e armazenados sob condições de ambiente ($23,4 \pm 1$ °C, 62 ± 6 %UR) e as avaliações foram feitas diariamente por um período de 6 dias. A firmeza dos frutos submetidos ao impacto e compressão foi calculada pela relação peso(N)/área injuriada(m²). A evolução da coloração foi feita através de leituras diárias em refletômetro Minolta CR 200b, procurando comparar a coloração da área lesionada com a da área não lesionada, do mesmo fruto. Com relação à injúria por compressão não se detectou diferença significativa entre as cultivares testadas, mas com relação ao impacto, os frutos da 'Paluma' tiveram firmeza significativamente maior que os da 'Pedro Sato'. A área injuriada mostrou maior escurecimento e retardo no amarelecimento, indicado pelo maior ângulo de cor, típico do amadurecimento de goiabas. Os valores de cromaticidade foram sempre inferiores nas áreas injuriadas, de ambas as cultivares, indicando menor síntese de pigmentos carotenóides nessas regiões. Os frutos da 'Pedro Sato' foram caracterizados como mais escuros e mais esverdeados que os da 'Paluma', ao longo do período de armazenamento, independentemente das injúrias.

Palavras-Chave: *Psidium guajava*, pós-colheita, injúria mecânica, firmeza de polpa, coloração.

Introdução

Atualmente o cultivo da goiabeira (*Psidium guajava* L.) está sendo desenvolvido em mais de 50 países, das áreas tropicais e subtropicais, incluindo também algumas áreas mediterrâneas, sendo que o Brasil é o segundo maior produtor mundial desta fruta (WWWGH, 2000).

Dentre as causas de perdas pós-colheita das goiabas, destacam-se aquelas devidas a ocorrência de injúrias mecânicas, que podem ser agrupadas em injúrias por impacto, compressão ou corte. Tais injúrias ocasionam danos irreparáveis aos frutos, prejudicando sua qualidade e provocando conseqüente desvalorização comercial. Os danos físicos também alteram as reações bioquímicas normais dos frutos, modificando-lhes a coloração, o sabor e diminuindo-lhes a vida útil (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

A susceptibilidade ao dano mecânico é influenciada por vários fatores, como cultivar, grau de hidratação celular, estágio de maturação, tamanho, peso, características epidérmicas e condições ambientais sob as quais os frutos se desenvolveram (WADE e BAIN, 1980; KAYS, 1991).

Em adição aos típicos sintomas externos e internos, as injúrias mecânicas em frutos são geralmente acompanhadas por elevado número de respostas fisiológicas. Essas injúrias promovem freqüentemente o rompimento das células da epiderme, causando o desenvolvimento de reações enzimáticas e, com isso, o surgimento de compostos de coloração marrom, responsáveis pela depreciação do produto (RADI et al., 1997; SAMIM e BANKS, 1993). Em tomates é comum o surgimento de regiões amolecidas, assemelhando-se com acúmulo de água, decorrentes de um manuseio comercial inadequado (MORETTI, 1998). Também, de acordo com esse mesmo autor, a ocorrência de impactos menos severos pode

não causar sintomatologia externa prontamente observável, no entanto, o efeito acaba repercutindo *a posteriori*, produzindo uma injúria interna (*internal bruising*).

Objetivou-se avaliar o efeito das injúrias mecânicas por impacto, compressão ou corte, na firmeza e na coloração de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', armazenadas sob condições ambiente.

Material e Métodos

Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Paluma e Pedro Sato procedentes do município de Vista Alegre do Alto, SP, colhidos em duas épocas: janeiro (experimento de impacto) e outubro de 1999 (experimentos de compressão e corte).

Depois de colhidos, no estágio de maturação "de vez", correspondente à coloração verde-mate (PEREIRA, 1995), os frutos foram imediatamente e cuidadosamente transportados para o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da FCAV/UNESP – Jaboticabal, onde após imersão em água fria (15 °C) e clorada (150 mg de cloro.L⁻¹), por cinco minutos, eles foram submetidos às injúrias mecânicas. Na injúria por impacto, eles foram deixados cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m. Cada fruto sofreu dois impactos na região equatorial, em lados opostos. Para a injúria correspondente à compressão, os frutos foram colocados em um aparelho, onde um bloco exercendo um peso de 29,4 N era apoiado, por 15 minutos, provocando 2 lesões em lados opostos e no sentido longitudinal dos frutos. A injúria por corte constou de dois cortes de 30 mm de comprimento por 2 mm de profundidade, no sentido longitudinal dos frutos, usando-se uma lâmina com 1,1 mm de espessura.

As áreas lesionadas foram demarcadas e os frutos acondicionados, em lotes de quatro, em bandejas de isopor e armazenados sob condições de ambiente (23,4±1 °C, 62±6 %UR).

A firmeza dos frutos foi obtida conforme o proposto por Mohsenin (1986) e Calbo e Nery (1995), relacionando-se o peso exercido com a área aplanada dos frutos, e pode ser calculada somente nas injúrias de impacto e de compressão. Os resultados foram expressos em kPa.

Foram efetuadas avaliações diárias da coloração, nas áreas injuriadas e não injuriadas do mesmo fruto, utilizando-se refletômetro Minolta CR 200b, onde foram determinados os valores de luminosidade (L), a^* e b^* . Esses resultados permitiram calcular o ângulo Hue ou de cor e a saturação desta cor (cromaticidade), conforme o recomendado pela MINOLTA CORP. (1994).

Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial composto por três fatores: **cultivar** ('Paluma' e 'Pedro Sato'), **injúria** (com e sem) e **data de amostragem** (0, 1, 2, 3, 4, 5 dias). Foram utilizadas 54 repetições para a determinação da firmeza e 12 para a coloração.

Resultados e Discussão¹

A firmeza das goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' variou de acordo com os tipos de injúrias mecânicas, impacto e compressão (Figura 1). Verifica-se que, com relação à injúria por compressão, não houve diferença significativa entre as cultivares testadas (média de 61,88 kPa). Porém com relação ao impacto, os frutos da 'Paluma' tiveram uma firmeza significativamente maior (2,85 kPa) que os da 'Pedro Sato' (2,49 kPa), significando uma maior resistência a esse tipo de dano. Isso pode estar relacionado com as características físicas dos frutos da 'Paluma', que apresentam maior tamanho e peso, além de epiderme mais lisa e pericarpo mais espesso que os da 'Pedro Sato' (KAVATI, 1997). Esses fatores, conjugados

¹ A análise de variância dos efeitos das injúrias mecânicas na coloração externa de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', pode ser observada na Tabela 3 do apêndice.

ao grau de hidratação celular, podem ter contribuído para a maior firmeza (KAYS, 1991).

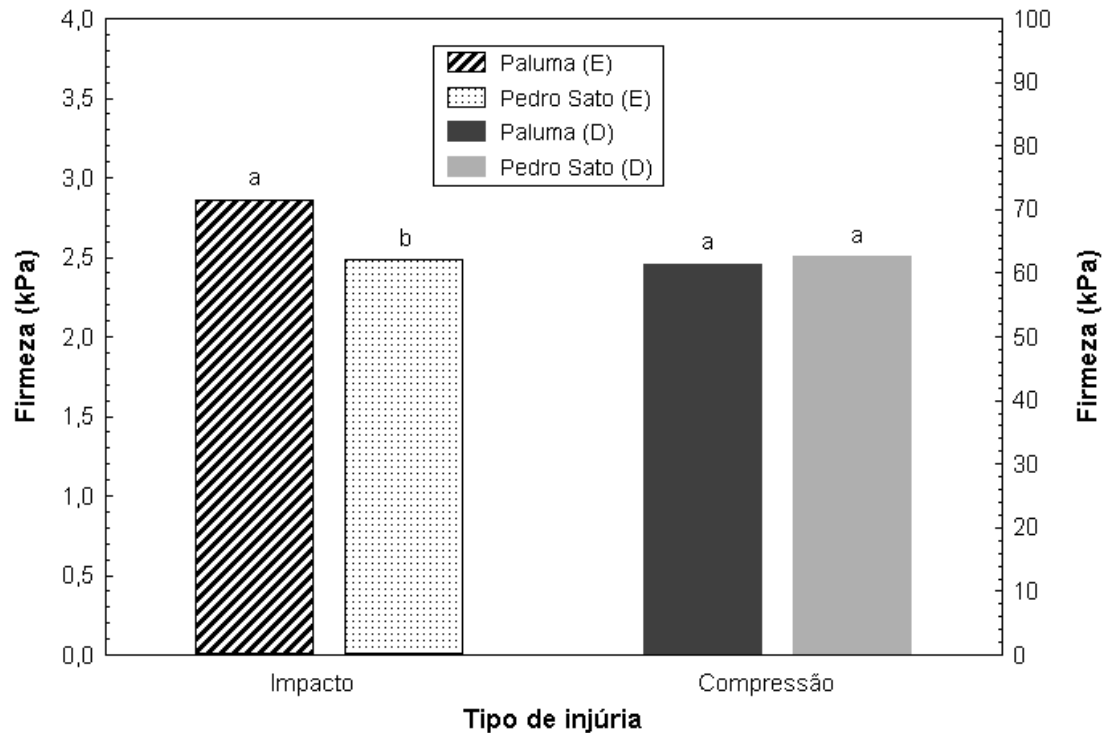


Figura 1. Valores médios de firmeza dos frutos de duas cultivares de goiabeira quando submetidos a injúrias mecânicas, por impacto e compressão. Colunas com uma mesma letra, dentro de cada injúria, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Avaliando-se a evolução da luminosidade das áreas lesionadas ao longo do armazenamento (Tabela 1), observa-se que a área injuriada sempre se apresentou mais escura, em ambas as cultivares e nos três tipos de injúrias. Quando a célula é rompida, devido à magnitude da força empregada, ocorre o extravasamento do líquido celular e sua conseqüente exposição a ação enzimática, o que promove a oxidação de compostos fenólicos a quinonas, levando ao aparecimento de pigmentos de coloração marrom (RADI et al., 1997). Samim e Banks (1993) também observaram que as áreas injuriadas de maçãs 'Granny Smith' se tornavam mais escuras que as regiões controle.

Os frutos da cultivar Pedro Sato apresentam valores médios de L menores que os da 'Paluma' mostrando uma maior susceptibilidade ao escurecimento, independentemente da injúria. Observa-se, com relação ao tipo de injúria, que o impacto levou os frutos a um maior escurecimento, para ambas as cultivares. Isso sinaliza que esta lesão é grave e foi agravada pelo possível rompimento de células por ocasião da injúria.

Na Tabela 2 são mostrados os valores do ângulo de cor nos frutos da 'Paluma' e da 'Pedro Sato', permitindo notar que a cor, durante o período de armazenamento, evoluiu do verde para o amarelo, corroborando com o observado por Lima (1999). De maneira geral, a ocorrência de injúrias mecânicas provocam alterações metabólicas que aceleram o amadurecimento, exceção feita à alguns casos de compressão, onde o amadurecimento foi retardado. Provavelmente as injúrias levaram a uma alteração no processo metabólico normal dessas regiões e, como consequência, houve irregularidade no amadurecimento, conforme o sugerido por Mohsenin (1986) e Chitarra e Chitarra (1990). As médias obtidas para a cultivar Paluma indicam que as injúrias por compressão e corte influenciaram na cor dos frutos, pois levaram às menores médias.

Observa-se que houve uma tendência de incremento nos valores de cromaticidade ao longo do período de armazenamento, independentemente da cultivar ou da injúria (Tabela 3). O aumento na luminosidade, conjugado com o aumento na cromaticidade, revela que nos frutos, à medida que estes passavam da cor verde para a amarela, ocorria uma redução no efeito dos pigmentos verdes (clorofila) e aumento no dos amarelos (carotenóides). Nas áreas injuriadas os valores são sempre inferiores ao controle, em ambas as cultivares, indicando uma menor degradação da clorofila ou da síntese de pigmentos amarelos naquela região, acarretando prejuízo à aparência. Isto pode influenciar na decisão de compra pelo consumidor, visto que a aparência é um dos fatores mais importantes para a aquisição de um determinado vegetal nas gôndolas dos supermercados.

Tabela 1. Luminosidade (L) da parte externa de goiabas ‘Pedro Sato’ e ‘Paluma’ submetidas a três tipos de injúrias mecânicas e armazenadas sob condições de ambiente (23,4 °C e 62%UR).

Tempo (dia)	Luminosidade		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	59,22 d	60,31 c	59,21 c
1	63,60 c	64,32 b	62,85 b
2	66,61 b	67,78 a	67,68 a
3	68,97 ab	69,98 a	69,93 a
4	70,71 a	70,20 a	69,58 a
5	71,75 a	70,03 a	70,08 a
----- Injuriada -----			
0	56,05 c	58,92 d	57,96 c
1	57,76 c	62,28 c	62,50 b
2	60,67 b	65,59 b	66,95 a
3	63,00 ab	67,86 ab	68,80 a
4	64,77 a	68,51 a	69,23 a
5	65,61 a	68,01 ab	69,73 a
Média Controle	66,81	67,10	66,56
Média Injuriada	61,31	65,20	65,86
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	59,20 d	60,63 d	60,38 d
1	61,57 cd	62,73 cd	61,03 cd
2	62,51 c	65,21 bc	63,69 c
3	66,15 b	67,08 ab	67,58 b
4	67,91 ab	68,21 a	70,73 a
5	70,09 a	68,51 a	71,66 a
----- Injuriada -----			
0	57,63 d	59,38 c	58,71 d
1	61,12 c	61,08 c	60,65 cd
2	61,91 c	63,83 b	63,13 c
3	64,77 b	66,18 ab	66,28 b
4	65,93 ab	66,86 a	69,87 a
5	68,03 a	67,28 a	71,43 a
Média Controle	64,57	65,40	65,85
Média Injuriada	63,23	64,10	65,01

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 2. Cor da parte externa (ângulo de cor) de goiabas 'Pedro Sato' e 'Paluma' submetidas a três tipos de injúrias mecânicas e armazenadas sob condições de ambiente (23,4 °C e 62%UR).

Tempo (dia)	Ângulo de cor		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	115,87 a	114,77 a	115,35 a
1	109,98 b	107,73 b	107,88 b
2	104,89 c	98,22 c	98,56 c
3	100,11 d	91,73 d	92,03 d
4	96,22 e	87,67 e	89,83 de
5	93,43 e	84,41 f	87,47 e
----- Injuriada -----			
0	117,20 a	114,52 a	115,68 a
1	111,80 b	108,58 b	108,84 b
2	106,26 c	98,65 c	99,71 c
3	101,76 d	92,60 d	93,47 d
4	97,05 e	88,07 e	90,74 d
5	94,61 e	84,26 f	87,17 e
Média Controle	103,42	97,42	98,52
Média Injuriada	104,78	97,78	99,27
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	115,70 a	116,42 a	116,55 a
1	110,33 b	114,03 a	113,57 b
2	107,23 c	107,11 b	108,17 c
3	101,25 d	101,28 c	101,00 d
4	96,63 e	95,91 d	95,80 e
5	92,59 f	92,07 e	91,53 f
----- Injuriada -----			
0	116,35 a	117,01 a	117,74 a
1	112,23 b	114,73 a	113,90 b
2	110,12 b	108,67 b	109,57 c
3	103,74 c	102,92 c	101,93 d
4	98,90 d	97,40 d	96,32 e
5	95,20 e	93,55 e	92,28 f
Média Controle	103,96	104,47	104,44
Média Injuriada	106,09	105,71	105,29

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 3. Cromaticidade da parte externa de goiabas 'Pedro Sato' e 'Paluma' submetidas a três tipos de injúrias mecânicas e armazenadas sob condições de ambiente (23,4 °C e 62%UR).

Tempo (dia)	Cromaticidade		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	44,98 c	44,22 b	46,15 b
1	48,78 b	47,38 a	49,85 a
2	50,60 ab	49,17 a	51,65 a
3	51,28 ab	48,81 a	51,25 a
4	51,60 ab	48,83 a	49,94 a
5	51,93 a	47,94 a	49,48 a
----- Injuriada -----			
0	42,36 c	42,87 b	46,15 b
1	44,15 bc	45,76 a	49,00 ab
2	46,10 ab	46,77 a	50,77 a
3	47,67 a	47,27 a	50,68 a
4	47,98 a	46,79 a	49,08 a
5	48,55 a	46,15 a	48,25 ab
Média Controle	49,86	47,73	49,72
Média Injuriada	46,14	45,94	48,99
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	44,38 d	41,12 c	42,56 d
1	46,47 cd	43,63 bc	44,29 cd
2	46,94 bcd	45,62 ab	46,49 bc
3	49,32 abc	46,23 a	48,27 ab
4	49,91 ab	47,01 a	49,79 a
5	51,94 a	47,66 a	50,22 a
----- Injuriada -----			
0	42,68 c	41,51 d	41,30 e
1	44,98 bc	43,28 cd	44,11 de
2	45,63 bc	45,39 bc	45,87 cd
3	47,28 ab	46,74 ab	47,35 bc
4	47,78 ab	47,40 ab	49,98 ab
5	49,80 a	47,76 a	51,09 a
Média Controle	48,16	45,21	46,94
Média Injuriada	46,36	45,35	46,62

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Conclusões

Na injúria por impacto, os frutos das goiabas 'Paluma' tiveram uma firmeza significativamente maior que os da 'Pedro Sato', não observado na injúria de compressão. A área injuriada sempre se mostrou mais escurecida (*L*) que a intacta, assim como retardo no amadurecimento, indicado pelo maior ângulo de cor, durante o armazenamento. Os frutos da cultivar Pedro Sato mostraram-se mais escuros que os da 'Paluma'.

Referências

CALBO, A.G.; NERY, A.A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 12, n. 1, p. 14-18, 1995.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL-FAEPE, 1990, 320 p.

KAVATI, R. Cultivares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal:FCAV/UNESP-FUNEP-GOIABRÁS, 1997, p. 1-16.

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

LIMA, M.A. **Conservação pós-colheita de goiaba e caracterização tecnológica dos frutos de diferentes genótipos, produzidos em Jaboticabal, SP.** 1999. 101 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

MINOLTA CORP. **Precise color communication:** color control from feeling to instrumentation. Ramsey, Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994, 49 p.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials:** structure, physical characteristics and mechanical properties. New York: Gordon and Breach, 2nd ed., 1986, 891 p.

MORETTI, C.L. **Injúria interna de impacto em frutos de tomate: fisiologia e conservação pós-colheita.** 1998. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira.** Jaboticabal:FUNEP, 1995. 47 p.

RADI, M.; MAHROUZ, M.; JAOUAD, A. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. **HortScience**, Alexandria, v. 32, n. 6, p. 1087-1091. 1997.

SAMIM, W.; BANKS, N.H. Colour changes in bruised apple fruit tissue. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Wellington, v. 21, n. 4, p. 367-372, 1993.

WADE, N.L.; BAIN, J.M. Physiological and anatomical studies of surface pitting of sweet cherry fruit in relation to bruising, chemical treatments and storage conditions. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v. 55, n. 4, p. 375-384, 1980.

WWWGH. Welcome to the Wonderful World of Guavas Homepage. **Distribution**. Disponível em <<http://www.ocf.berkeley.edu/~montymex/guava/guavaintro.html>>. Acessado em 29 nov. 2000.

CAPÍTULO 4 – EFEITO DE INJÚRIAS MECÂNICAS NO PROCESSO RESPIRATÓRIO E NAS VARIÁVEIS QUÍMICAS DE GOIABAS ‘PALUMA’ E ‘PEDRO SATO’

RESUMO – Avaliou-se o efeito das injúrias mecânicas por impacto, compressão ou corte na atividade respiratória e na composição química de goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, colhidas no estágio de maturação “de vez” e armazenadas ao ambiente ($23,4 \pm 1$ °C e 62 ± 6 %UR). Na injúria por impacto, os frutos foram deixados cair, de uma altura de 1,20 m, sofrendo dois impactos em lados opostos de sua porção equatorial. Na compressão, os frutos foram submetidos a 29,4 N, por 15 minutos. Na injúria por corte, foram efetuados 2 cortes no sentido longitudinal dos frutos, com 30 mm de comprimento por 2 mm de profundidade. Os frutos foram colocados em bandejas de isopor e armazenados sob as condições de ambiente. Houve um incremento na evolução da atividade respiratória, durante o armazenamento, dos frutos submetidos às injúrias mecânicas, com os injuriados produzindo maior quantidade de CO₂ que os do controle. Na injúria por impacto, os frutos lesionados apresentaram incrementos maiores na produção de CO₂ que os submetidos às demais injúrias. Os frutos da ‘Paluma’ apresentaram essa atividade mais intensa que os da ‘Pedro Sato’, e não se detectou, durante o período de armazenamento, a ocorrência de pico respiratório. Os teores de sólidos solúveis totais, açúcares redutores, acidez total titulável e ácido ascórbico apresentaram uma tendência de decréscimo durante o armazenamento e nos frutos injuriados mostraram-se sempre menores que nos do controle.

Palavras-Chave: *Psidium guajava*, pós-colheita, respiração, composição química.

Introdução

O Brasil é o segundo produtor mundial de goiaba (*Psidium guajava* L.), com uma produção anual de 257 mil toneladas. Apesar da maior parte da produção desta fruta destinar-se à indústria, no período de 1998-99 houve um incremento de 79% na comercialização de goiaba vermelha destinada ao consumo como fruta fresca, no CEAGESP - SP (WWWGH, 2000; AGRIANUAL, 2001).

As injúrias mecânicas podem ser definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais e destruição dos tecidos vegetais, provocadas por forças externas e que levam a modificações físicas (danos físicos) e/ou alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas na cor, aroma, sabor e textura (MOHSENIN, 1986).

Estas podem ser agrupadas em injúrias por compressão, impacto ou corte. A injúria de impacto é geralmente causada pela colisão do fruto contra superfícies sólidas ou outros frutos durante as etapas de colheita, manuseio e transporte. A injúria mecânica por compressão é causada pela imposição de uma pressão variável contra a superfície externa do fruto, quer seja por um fruto adjacente ou pela própria parede da embalagem em que está acondicionado o produto. A injúria por corte é geralmente atribuída à colisão da superfície do fruto contra outra muito menor, ocasionando a ruptura da epiderme, ou pela imposição de uma pressão sobre o fruto contra superfícies também desiguais, como as arestas de uma embalagem. Existem informações indicando que tais injúrias ocasionam danos irreparáveis em frutos como cerejas (BURTON e SCHULTE-PASON, 1987), tangerinas 'Satsuma' (IWAMOTO et al., 1984) e maçãs (PARKER et al., 1984), provocando aumentos na atividade respiratória e alterações químicas, reduzindo sua vida útil.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das injúrias mecânicas por impacto, compressão ou corte na atividade respiratória e na composição química de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', armazenadas sob condições de ambiente.

Material e Métodos

Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Paluma e Pedro Sato procedentes de propriedade particular, distante 43 km do local de condução dos experimentos, colhidos em duas épocas: janeiro (experimento de impacto) e outubro de 1999 (experimentos de compressão e corte).

Depois de colhidos, no estágio de maturação “de vez”, correspondente a coloração verde-mate (PEREIRA, 1995), os frutos foram imediata e cuidadosamente transportados para o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da FCAV/UNESP – Jaboticabal, SP.

Após imersão em água fria (15°C) e clorada (150 mg de cloro.L⁻¹) por 5 minutos, os frutos foram submetidos às injúrias mecânicas. Na injúria por impacto, eles foram deixados cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m. Cada fruto sofreu dois impactos na região equatorial, em lados opostos. Para a injúria correspondente a compressão, os frutos foram colocados sob um aparelho onde um bloco exercendo um peso de 29,4 N era apoiado, por 15 minutos, provocando 2 lesões em lados opostos e no sentido longitudinal dos frutos. A injúria por corte constou de dois cortes de 30 mm de comprimento por 2 mm de profundidade, no sentido longitudinal dos frutos, usando-se uma lâmina com 1,1 mm de espessura.

As áreas lesionadas foram demarcadas e os frutos acondicionados, em bandejas de isopor e armazenados sob condições de ambiente (23,4±1 °C e 62±6 %UR).

A produção de CO₂ foi determinada diariamente, colocando-se quatro frutos em um recipiente com capacidade para 3 litros, hermeticamente fechado, por um período de 1 hora, sob as condições de ambiente. O conteúdo de CO₂ da atmosfera do interior do recipiente era determinado, antes e imediatamente após este período, em cromatógrafo GC Finnigan 9001.

Para análises químicas as amostras eram tomadas a cada dois dias utilizando-se somente a área lesionada do pericarpo dos frutos injuriados. Os frutos controle forneceram o pericarpo não lesionado. As amostras eram trituradas

até a homogeneização e mantidas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, até a análise, efetuada na semana seguinte. Estas amostras foram analisadas quanto aos seus conteúdos de ácido ascórbico, acidez total titulável, sólidos solúveis totais (AOAC, 1980) e açúcares redutores (VILLELA et al., 1973).

Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial composto por três fatores: **cultivar** ('Paluma' e 'Pedro Sato'), **injúria** (com e sem) e **data de amostragem**. Foram utilizadas três repetições para a determinação da atividade respiratória e duas para as análises químicas.

Resultados e Discussão¹

Os frutos das duas cultivares apresentaram incremento na evolução da atividade respiratória durante o período de armazenamento (Tabela 1), o qual também foi detectado por Mercado-Silva et al. (1998), no México, em goiabas da cultivar Media China, colhidas na primavera-verão, que apresentaram produção de $30\text{ mg de CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ por ocasião da colheita e de $200\text{ mg de CO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$, cinco dias após.

Durante o período de armazenamento, os frutos injuriados, de ambas as cultivares, produziram uma quantidade maior de CO_2 que os não injuriados (Tabela 1). Esses resultados reafirmam aqueles encontrados por Burton e Schulte-Pason (1987), que evidenciaram um aumento na evolução de CO_2 de cerejas submetidas a várias intensidades de impacto. Estes autores atribuíram esse incremento à descarboxilação do ácido málico, que teria extravasado das células danificadas no local de ocorrência das injúrias.

¹ As análises de variância dos efeitos das injúrias mecânicas na atividade respiratória e parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', podem ser observadas nas Tabelas 4, 5, 6 e 7 do apêndice.

Na injúria por impacto, os frutos lesionados apresentaram incrementos maiores na produção de CO₂ que os submetidos às demais injúrias. Isto evidencia que esta lesão é grave, provavelmente devido a um maior rompimento de células por ocasião da injúria.

Injúrias por impacto também foram responsáveis por aumentos na atividade respiratória de maçãs (PARKER et al., 1984) e de tomates (MORETTI, 1998).

Ainda na Tabela 1, tem-se que não houve a ocorrência de um pico respiratório durante o período de avaliação. A definição do comportamento respiratório pós-colheita desta fruta ainda é objeto de dúvida, pois enquanto Durigan (1997) relata que trabalhos antigos classificam esta fruta como possuindo um comportamento não climatérico, outros autores têm demonstrado que seu comportamento é climatérico (MERCADO-SILVA et al., 1998). Estes autores demonstraram que a estação do ano interfere, ou seja, goiabas colhidas no período mais frio (outono-inverno) exibiam uma maior produção de CO₂ no quinto dia após a colheita, enquanto que goiabas colhidas na primavera-verão atingiam este pico no oitavo dia. Neste experimento, não se evidenciou pico respiratório até o sétimo dia, quando os frutos já se encontravam em fase adiantada de senescência. Informações mais recentes, obtidas de Mercado-Silva², revelam que a definição do comportamento fisiológico da goiaba está extremamente vinculada à cultivar.

² MERCADO-SILVA, E. (Facultad de Química, Universidad Autónoma de Queretaro, México). Comunicação pessoal, 2000.

Tabela 1. Atividade respiratória (mg de CO₂.kg⁻¹.h⁻¹) de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', submetidas ou não, a três tipos de injúria mecânica e armazenadas sob condições de ambiente (23,4±1 °C e 62±6 %UR).

Tempo (dia)	Atividade respiratória		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	152,62 c	92,01 e	113,62 d
1	160,14 c	104,58 e	120,10 d
2	194,41 c	123,89 d	134,44 d
3	174,84 c	139,18 cd	154,17 cd
4	215,40 bc	153,66 bc	179,46 bc
5	273,34 ab	168,07 ab	217,57 ab
6	325,37 a	176,30 a	246,56 a
----- Injuriada -----			
0	186,22 c	112,09 d	121,50 d
1	180,07 c	121,09 cd	122,89 d
2	218,59 c	139,27 c	139,60 d
3	220,67 c	165,60 b	158,55 cd
4	244,21 bc	175,33 ab	192,23 c
5	315,44 ab	182,12 ab	244,25 b
6	333,40 a	186,86 a	296,26 a
Média Controle	213,73	136,82	166,56
Média Injuriada	242,66	154,62	182,18
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	153,50 d	83,69 d	119,26 c
1	155,08 d	87,70 d	122,24 b
2	201,36 bcd	96,47 cd	137,31 b
3	185,50 cd	110,06 bc	140,79 bc
4	212,57 abc	124,40 b	158,98 ab
5	253,21 ab	147,30 a	180,17 a
6	261,39 a	151,36 a	195,60 a
----- Injuriada -----			
0	205,09 bc	89,69 c	124,47 c
1	169,97 c	98,57 c	128,05 c
2	216,49 bc	105,19 c	141,37 bc
3	203,62 bc	122,41 b	152,11 bc
4	239,91 ab	137,90 b	175,42 b
5	279,87 a	162,43 a	224,18 a
6	273,72 a	171,54 a	254,65 a
Média Controle	203,23	114,43	150,62
Média Injuriada	226,95	126,82	171,46

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Verifica-se que o conteúdo de sólidos solúveis totais manteve-se estável durante o período de armazenamento (Tabela 2). No entanto, observa-se que nos frutos injuriados houve uma tendência a valores menores que nos frutos controle, independentemente da cultivar e do tipo de injúria aplicada. Nota-se também que as menores médias foram obtidas na injúria por impacto, para ambas as cultivares, o que indica que frutos submetidos a este tipo de injúria apresentam uma maior perda na qualidade.

O conteúdo de açúcares redutores, os quais, apesar da não ocorrência de diferenças significativas do efeito das injúrias durante o período de armazenamento, apresentou tendência de decréscimo ao longo do período de armazenamento, o que pode ser devido ao aumento na atividade respiratória (Tabela 3). Sharaf e El-Saadany (1986) também observaram redução nos teores de açúcares redutores em goiabas durante a evolução do estágio de maturação verde maduro a completamente maduro. Observa-se também, que os frutos injuriados apresentaram valores menores que os do controle, independentemente da cultivar. A redução do conteúdo de açúcares redutores e sólidos solúveis totais (Tabela 2) nos frutos injuriados pode estar relacionada à utilização destes compostos como substrato respiratório, visto que nesses frutos houve um maior incremento na produção de CO_2 que nos intactos (Tabela 1).

Tabela 2. Conteúdo de sólidos solúveis totais (°Brix) em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', submetidas ou não, a três tipos de injúria mecânica e armazenadas sob condições de ambiente ($23,4\pm 1$ °C e 62 ± 6 %UR).

Tempo (dia)	Sólidos solúveis totais		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	9,07 a	10,53 b	12,57 a
2	9,30 a	10,63 a	11,92 a
4	9,01 a	10,37 a	12,32 a
6	9,40 a	10,13 ab	12,47 a
----- Injuriada -----			
0	8,92 a	9,93 a	10,67 a
2	8,66 a	9,28 a	11,37 a
4	8,08 a	10,43 a	10,87 a
6	8,10 a	9,97 a	12,07 a
Média Controle	9,20	10,42	12,32
Média Injuriada	8,44	9,90	11,25
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	9,18 a	8,03 c	10,82 a
2	9,02 a	9,13 ab	10,67 a
4	9,32 a	9,73 a	10,82 a
6	8,87 a	8,37 bc	10,77 a
----- Injuriada -----			
0	8,63 a	7,73 b	9,27 a
2	9,02 a	8,63 ab	10,57 a
4	8,87 a	9,28 a	9,47 a
6	7,62 a	7,87 b	10,12 a
Média Controle	9,10	8,82	10,77
Média Injuriada	8,54	8,38	9,86

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Quanto a acidez total titulável das goiabas, verificou-se que houve aumento nos teores de ácidos até o quarto dia após a injúria, seguido de decréscimo, independentemente do efeito da cultivar e da injúria (Tabela 4). Nos frutos injuriados observaram-se menores teores de acidez que nos controle, ao longo do período de avaliação. O aumento da atividade respiratória pode ter desencadeado

o incremento da produção de ácido cítrico, via ciclo de Krebs, até o quarto dia, sendo consumido a seguir como substrato respiratório. O observado vem ao encontro do trabalho de Moretti (1998), no qual se observou que a injúria mecânica por impacto levou a redução na acidez titulável de tomates, que foi atribuída à diminuição na concentração de ácidos orgânicos.

A diminuição do teor de ácido ascórbico na polpa das goiabas pode ser observada na Tabela 5, a qual não foi significativa. Os valores detectados nos frutos injuriados, ao longo do período, são menores que nos controle sendo que lesões por impacto e compressão levaram a menores valores médios. Provavelmente, os sistemas protetores antioxidantes associados ao ácido ascórbico foram danificados pela injúria mecânica, permitindo a depleção oxidativa irreversível do ácido ascórbico a ácido 2,3 dioxi L-gulônico (BURTON, 1982).

Tabela 3. Conteúdo de açúcares redutores (g de glicose.kg⁻¹) em goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, submetidas ou não, a três tipos de injúria mecânica e armazenadas sob condições de ambiente (23,4±1 °C e 62±6 %UR).

Tempo (dia)	Açúcares redutores		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	28,83 a	28,14 a	24,91 a
2	28,42 a	27,27 a	28,09 a
4	27,96 a	20,21 ab	23,70 a
6	23,39 a	18,70 b	20,55 a
----- Injuriada -----			
0	27,46 a	27,93 a	24,42 a
2	27,52 a	25,82 ab	22,00 a
4	24,77 a	18,72 bc	22,83 a
6	20,86 b	16,34 c	19,76 a
Média Controle	27,15	23,58	24,31
Média Injuriada	25,15	22,20	22,25
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	25,61 a	20,87 ab	26,87 a
2	24,72 a	21,97 a	38,64 a
4	24,93 a	18,75 ab	26,06 a
6	20,98 a	18,03 b	24,89 a
----- Injuriada -----			
0	26,25 a	19,00 ab	25,66 a
2	21,88 ab	21,16 a	25,94 a
4	21,77 ab	17,70 ab	25,19 a
6	16,14 b	14,04 b	23,35 a
Média Controle	24,06	19,91	29,12
Média Injuriada	21,51	17,98	25,04

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 4. Conteúdo de acidez total titulável (g de ácido cítrico.kg⁻¹) em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', submetidas ou não, a três tipos de injúria mecânica e armazenadas sob condições de ambiente (23,4±1 °C e 62±6 %UR).

Tempo (dia)	Acidez total titulável		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	9,51 a	7,81 a	7,45 b
2	9,65 a	8,68 a	8,86 a
4	10,00 a	9,21 a	8,99 a
6	9,64 a	9,02 a	8,55 a
----- Injuriada -----			
0	6,83 b	7,38 b	7,38 b
2	9,20 a	8,50 ab	8,74 a
4	9,06 a	9,10 a	9,15 a
6	8,77 a	8,75 ab	8,60 a
Média Controle	9,70	8,68	8,46
Média Injuriada	8,47	8,43	8,47
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	6,01 a	4,36 b	5,76 b
2	7,28 a	5,22 ab	6,16 ab
4	7,76 a	6,04 a	7,07 a
6	7,08 a	6,01 a	6,54 ab
----- Injuriada -----			
0	5,86 a	4,09 b	5,15 b
2	6,32 a	4,78 ab	5,87 ab
4	6,39 a	4,98 ab	6,67 a
6	6,20 a	5,52 ab	6,20 ab
Média Controle	7,03	5,41	6,38
Média Injuriada	6,19	4,84	5,97

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

Tabela 5. Conteúdo de ácido ascórbico (mg.kg^{-1}) em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', submetidas ou não, a três tipos de injúria mecânica e armazenadas sob condições de ambiente ($23,4 \pm 1$ °C e 62 ± 6 %UR).

Tempo (dia)	Ácido ascórbico		
	Impacto	Compressão	Corte
<i>Cultivar Paluma</i>			
----- Controle -----			
0	775,24 a	652,04 a	664,46 a
2	688,18 a	688,76 a	865,92 a
4	690,38 a	670,71 a	792,20 a
6	644,68 a	615,67 a	700,72 a
----- Injuriada -----			
0	744,88 a	766,08 a	672,29 a
2	676,57 a	765,66 a	620,42 a
4	647,60 a	750,14 a	649,47 a
6	595,48 a	574,50 a	641,23 a
Média Controle	699,62	656,80	755,83
Média Injuriada	666,13	714,10	645,85
<i>Cultivar Pedro Sato</i>			
----- Controle -----			
0	883,35 a	637,28 a	666,28 a
2	765,06 ab	817,93 a	669,35 a
4	605,24 bc	810,16 a	825,81 a
6	433,77 c	424,20 b	768,32 a
----- Injuriada -----			
0	633,89 a	537,87 a	746,92 a
2	629,88 a	735,71 a	674,61 a
4	624,53 a	761,37 a	673,44 a
6	471,37 a	478,94 a	606,01 a
Média Controle	671,86	672,39	732,44
Média Injuriada	589,92	628,47	675,25

Obs.: para cada cultivar, médias seguidas de pelo menos uma letra comum, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Conclusões

Houve um incremento na atividade respiratória das goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' ao longo do período de armazenamento, independente do tipo de injúria ou da cultivar, sem que se observasse a ocorrência de pico respiratório. As injúrias mecânicas promoveram aumento na atividade respiratória destas goiabas. Os teores de ácido ascórbico, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e açúcares redutores foram menores nos frutos injuriados que nos controle, durante o período de armazenamento.

Referências

AGRIANUAL 2001: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2001. 546 p.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington: A.O.A.C., 1980. 1018 p.

BURTON, C.L.; SCHULTE-PASON, N.L. Carbon dioxide as an indicator of fruit impact damage. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 2, p. 281-282, 1987.

BURTON, W.G. Continue development and changes in quality. In: **Postharvest physiology of food crops**. New York:Longman, 1982, p. 147-180.

DURIGAN, J.F. Colheita, conservação e embalagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1., 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal:FCAV/UNESP-FUNEP-GOIABRÁS, 1997, p. 149-158.

IWAMOTO, M.; HAYAKAWA, A.; KAWANO, S.; MANAGO, M. Effect of dropping practice in packing house lines on the quality of Satsuma mandarin. **Annals of the Engineering Society**, v. 45, n. 4, p. 539-544, 1984.

MERCADO-SILVA, E.; BENITO-BAUTISTA, P.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, p. 143-150, 1998.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**: structure, physical characteristics and mechanical properties. New York: Gordon and Breach, 2nd ed., 1986, 891 p.

MORETTI, C.L. **Injúria interna de impacto em frutos de tomate: fisiologia e conservação pós-colheita**. 1998. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

PARKER, M.L.; WARDOWSKI, W.F.; DEWEY, D.H. A damage test for oranges in a commercial packing house line. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v. 97, p. 136-137. 1984.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal:FUNEP, 1995. 47 p.

SHARAF, A.; EL-SAADANY, S.S. Biochemical studies on guava fruits during different maturity stages. **Annals of Agricultural Science**, Moshtohor, v. 24, n. 2, p. 975-984, 1986.

VILLELA, G., BACILA, M., TASTALDI, H. **Técnicas e experimentos de bioquímica**. Rio de Janeiro:Guanabara – Koogam, 1973. 552 p.

WWWGH. Welcome to the Wonderful World of Guavas Homepage. **Distribution.**
Disponível em <<http://www.ocf.berkeley.edu/~montymex/guava/guavaintro.html>>.
Acessado em 29 nov. 2000.

CAPÍTULO 5 – PROCESSAMENTO MÍNIMO DE GOIABAS ‘PALUMA’ E ‘PEDRO SATO’. 1. AVALIAÇÕES FÍSICAS

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar a perda de massa fresca, a evolução da coloração e dos conteúdos de O₂ e CO₂ em goiabas submetidas a processamento mínimo e armazenadas a 3 °C. Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Pedro Sato e Paluma, provenientes de pomar comercial, no estágio de maturação “de vez”, correspondente a coloração verde-mate e considerado “ótimo para o consumo”. Os frutos foram inicialmente imersos em solução de hipoclorito de sódio (150 mg de cloro.L⁻¹) por 5 minutos, para desinfecção superficial. Pessoas treinadas, utilizando proteção adequada e equipamentos desinfetados descascaram os frutos, cortaram-nos longitudinalmente ao meio e eliminaram a polpa com as sementes, em ambiente a 12 °C. Após enxágüe com água clorada (20 mg de cloro.L⁻¹) foram embalados em contentores de tereftalato de polietileno (PET) com tampa. Estas unidades foram armazenadas a 3 °C por 10 dias. Determinou-se durante este tempo, a evolução da coloração (luminosidade, ângulo de cor e cromaticidade), do conteúdo de O₂ e CO₂ no interior das embalagens e a perda de massa fresca, diariamente. A evolução da perda de massa fresca manteve-se uniforme durante o período de armazenamento. A embalagem utilizada proporcionou uma atmosfera otimizada para o produto, mantendo os níveis de O₂ e CO₂ em 16,60 % e 1,95 %, respectivamente. O produto obtido com a ‘Paluma’ proporcionou uma coloração mais vermelha ($h^{\circ} = 31,58$), porém mais escura ($L = 55,51$) que o da ‘Pedro Sato’ ($h^{\circ} = 44,43$ e $L = 59,00$). Houve manutenção da coloração, ao longo do período de armazenamento, propiciando a preservação da aparência “fresca” dos frutos processados de ambas as cultivares.

Palavras-Chave: *Psidium guajava*, pós-colheita, minimamente processado, qualidade, coloração, respiração.

Introdução

Nos últimos dez anos, o mercado para produtos minimamente processados, também denominados *fresh-cut*, tem crescido rapidamente, especialmente na Europa e EUA. O termo minimamente processado tem ganhado consenso para definir produtos “frescos”, que são comercializados limpos, convenientes e que podem ser preparados e consumidos em menos tempo (CANTWELL, 1995).

As possibilidades de venda de frutas minimamente processadas em supermercados brasileiros e estruturas afins são muito grandes, dada à possibilidade de virem a integrar as razoáveis cadeias já existentes, para distribuição de frutos.

Um elenco variado de frutas tem se tornado potencialmente interessante para o processamento mínimo. Citam-se os trabalhos desenvolvidos com kiwi (O’CONNOR-SHAW et al. 1994), mamão “Formosa” (TEIXEIRA et al., 2001), papaias (PAULL e CHEN, 1997), melões (PORTELA e CANTWELL, 1998), abacaxis (SARZI et al., 2000) e melancia (PINTO et al., 2000).

A goiaba pronta para o consumo, além deste mercado poderá também atender cadeias de *fast-food*, lanchonetes e restaurantes, nos quais o espaço para a preparação das suas especialidades é cada vez menor e a procura por produtos naturais, saudáveis e com características nutricionais superiores é cada vez maior.

Entretanto, o processamento e a estocagem de frutas minimamente processadas ainda são um desafio, devido à falta de conhecimento a respeito do comportamento fisiológico das mesmas. O principal problema destes produtos é a curta vida útil, restrita na maioria dos produtos a 3-4 dias (O’CONNOR-SHAW et al., 1994).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a perda de massa fresca e a evolução da coloração e dos conteúdos de O₂ e CO₂ no interior de embalagens com goiabas submetidas ao processamento mínimo, armazenadas a 3 °C.

Material e Métodos

Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Pedro Sato e Paluma, provenientes de pomar comercial, no estágio de maturação “de vez”, correspondente a coloração verde-mate (PEREIRA, 1995) e considerado “ótimo para o consumo” (WATADA et al., 1996). Os frutos foram colhidos em duas épocas: setembro de 2000 (‘Pedro Sato’) e janeiro de 2001 (‘Paluma’).

Depois de colhidos e acondicionados em caixas, previamente revestidas com papel, os frutos foram transportados rápida e cuidadosamente ao Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da UNESP/FCAV – Campus de Jaboticabal, SP, distante 43 km do local da colheita.

No laboratório, os frutos de cada experimento foram submetidos a uma seleção, visando dar o máximo de uniformidade ao lote (cerca de 78 ± 4 mm de comprimento e 67 ± 4 mm de diâmetro). Em seguida, foram lavados em água fria e imersos em solução de hipoclorito de sódio ($150 \text{ mg de cloro.L}^{-1}$) por 5 minutos, para desinfecção superficial. Pessoas treinadas, utilizando proteção adequada (luvas, avental, touca e máscara descartáveis, além de botas de borracha) e equipamentos desinfetados (facas, colheres, bancadas e água clorada) descascaram os frutos, cortaram-nos longitudinalmente ao meio e eliminaram a polpa com as sementes, em ambiente a $12 \text{ }^\circ\text{C}$. Após enxágüe com água clorada ($20 \text{ mg de cloro.L}^{-1}$), as metades foram colocadas em peneiras plásticas para escorrer o excesso de água, por 2 minutos, e embaladas, colocando-se cinco delas em cada contentor de tereftalato de polietileno (PET) transparentes, com tampa, e capacidade de 750 mL (NEOFORM[®] N-94). Estas unidades foram armazenadas a $3 \text{ }^\circ\text{C}$ por 10 dias, conforme o determinado em trabalhos preliminares (MATTIUZ et al., 2000).

As metades eram pesadas individual e diariamente para quantificar a evolução da perda de massa fresca. Determinou-se a evolução do conteúdo de O_2 e CO_2 no interior das embalagens, diariamente. Foram tomadas alíquotas de 0,3 mL do conteúdo da atmosfera do interior das embalagens, com uma seringa

apropriada (Exmire Microseringe, Ito Corp.), as quais foram injetadas em cromatógrafo (GC Finnigan, Mod. 9001). Além desse monitoramento foram realizadas avaliações diárias da coloração através de um refletômetro MINOLTA CR 200b, que utiliza o sistema da CIE 1976 (MINOLTA CORP., 1994) e permite determinar a luminosidade (L), o ângulo de cor (h°) e a cromaticidade (C) das metades.

Este experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial composto por dois fatores: **cultivar** ('Paluma' e 'Pedro Sato'), e **data de amostragem** (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 dias). Foram utilizadas 12 repetições para a determinação da perda da massa fresca e da coloração, e 6 para a determinação da composição atmosférica no interior das embalagens.

Resultados e Discussão¹

Verifica-se que a perda de massa fresca manteve-se uniforme no decorrer do período de armazenamento, ocorrendo diferenças significativas das cultivares testadas ao longo do período de armazenamento (Figura 1). Observa-se também que o produto da cultivar Paluma apresentou maior valor acumulado de perda de massa fresca (3,57 %) que o da 'Pedro Sato' (3,06 %). Esse comportamento é descrito por Chitarra e Chitarra (1990), como sendo efeito da busca da umidade relativa de equilíbrio (URE), em que o déficit de pressão de vapor (DPV) entre a atmosfera no interior da embalagem contendo ar e a superfície úmida do fruto faz com que haja migração da água para os locais de menor pressão até que o equilíbrio seja atingido. A temperatura também pode auxiliar na redução de perda massa fresca em produtos minimamente processados. Piga et al. (2000) verificaram que frutos de figo-da-índia minimamente processados e envoltos em

¹ A análise de variância dos parâmetros físicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', submetidas ao processamento mínimo, pode ser observada na Tabela 8 do apêndice.

filmes poliméricos, perdiam menos peso quando armazenados a 4 °C do que a 15 °C.

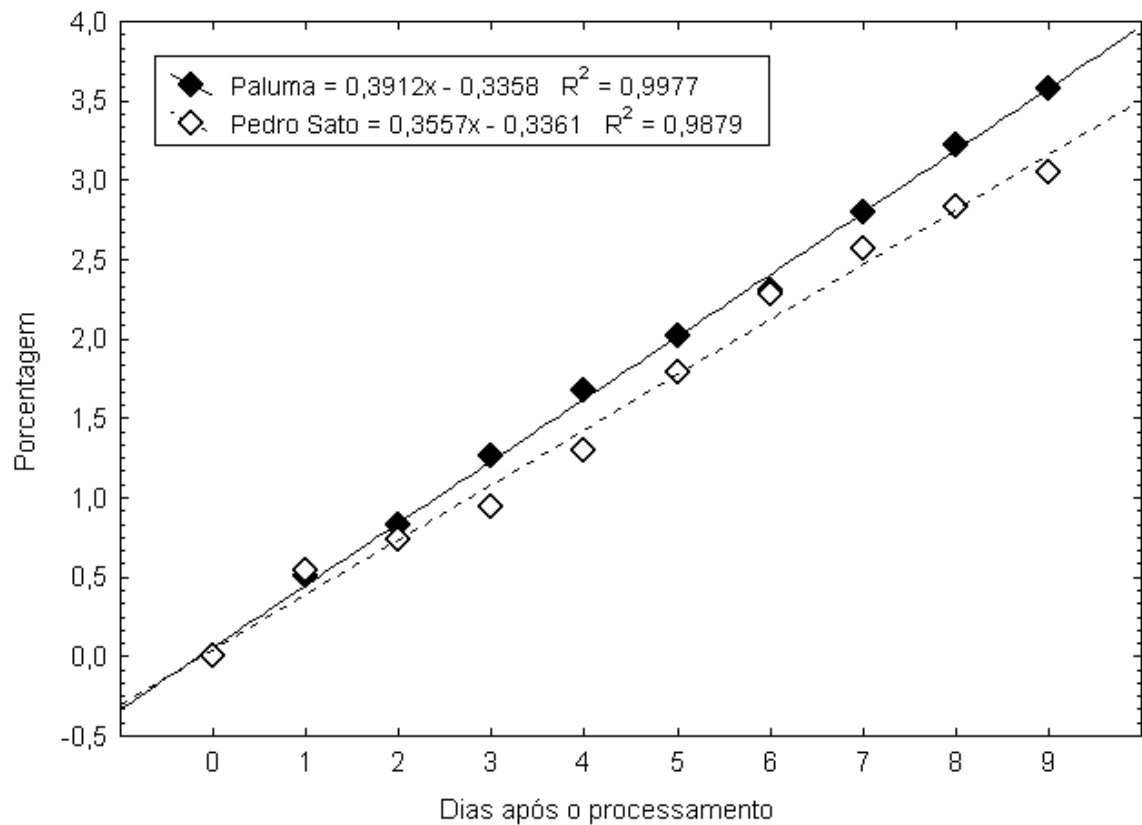


Figura 1. Evolução da perda de massa fresca em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3 °C.

Com relação à evolução dos gases (O_2 e CO_2) no interior das embalagens, verifica-se que houve diferenças significativas devido às cultivares e às datas de avaliação (Figura 2). A maior taxa respiratória média pode ser atribuída aos produtos da cultivar Pedro Sato, pois o sistema fechado na embalagem permitiu que, à medida que o O_2 fosse consumido (15,66 %), o CO_2 fosse produzido

(2,58%), numa proporção maior que os da 'Paluma' ($O_2 = 17,54\%$; $CO_2 = 1,33\%$). Esse comportamento pode ser atribuído ao estresse físico a que os tecidos vegetais dos frutos foram submetidos com o processamento mínimo, o que varia conforme o tipo e a espécie do vegetal (BRECHT, 1995). Para Laties (1978) o aumento na respiração em tecidos feridos, deve ser conseqüência de aumento no teor de etileno, o qual estimula a respiração, aumenta a degradação do amido e a atividade do ciclo do ácido tricarbóxico. Apesar de ocorrerem diferenças significativas ao longo do período de armazenamento, observa-se que houve um comportamento médio uniforme das concentrações dos dois gases (Figura 2). Houve portanto, além do efeito retardador da refrigeração a $3\text{ }^\circ\text{C}$, uma modificação ativa nesses conteúdos, proporcionada pela permeabilidade da embalagem, ao longo do armazenamento. Segundo Sarantópoulos (2000), essa condição permite uma redução na taxa respiratória dos vegetais, na maturação, na senescência, com preservação do vigor e o prolongamento da vida útil. Essa modificação da atmosfera no interior da embalagem atingiu níveis médios para as duas cultivares, ao longo do período, de 16,60 % para o conteúdo de O_2 e de 1,95 % para o de CO_2 . Alguns autores têm afirmado que condições de atmosfera modificada (AM) eficientes devam atingir níveis de O_2 abaixo de 10% e de CO_2 em torno de 2-4%, para o prolongamento da vida útil dos vegetais, mas isso é dependente da espécie de vegetal utilizado (BARMORE, 1987; LIOUTAS, 1988).

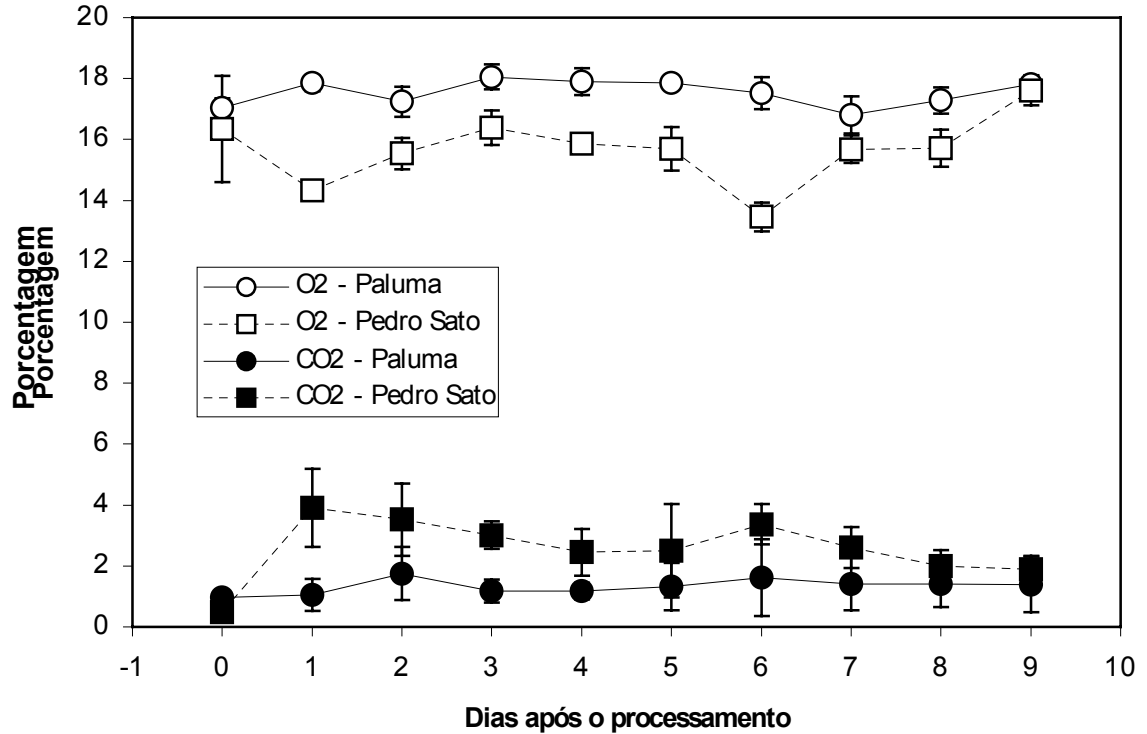


Figura 2. Evolução dos conteúdos de O₂ e CO₂ no interior de embalagens PET, contendo goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' submetidas ao processamento mínimo e armazenadas a 3 °C.

Wiley (1997) preconiza o uso de embalagens de plástico termomoldáveis com o objetivo de manter a umidade relativa na atmosfera que envolve o produto, minimizando a perda de água, assegurando outrossim, um equilíbrio entre a velocidade de respiração do produto minimamente processado e a permeabilidade da embalagem.

A luminosidade (L), que é representada por uma escala de 0 (preto) a 100 (branco), foi menor (Figura 3) para o produto obtido com a 'Paluma', o que indica maior escurecimento ($L = 55,51$) que no da 'Pedro Sato' ($L = 59,00$). Provavelmente o produto mais escuro obtido com a 'Paluma' se deva à característica desta cultivar, ao mesmo tempo em que a perda da integridade

celular na superfície do corte, destrói a compartimentalização de enzimas e substratos fazendo com que possíveis reações de escurecimento, assim como a formação de metabólitos secundários indesejáveis, sejam conseqüências deste processo (ROLE e CHISM III, 1987; BURNS, 1995).

A cultivar Paluma também proporcionou um produto mais vermelho ($h^\circ = 31,58$) que o da 'Pedro Sato' ($h^\circ = 44,43$) (Figura 4), pois à medida que o ângulo de cor (h°) diminui, dentro do quadrante positivo de 90° a 0° , a cor evolui da amarela à vermelha. Watada et al. (1990) mencionam que a perda do pigmento verde, com exposição do vermelho, em vegetais está relacionada com a exposição do produto ao etileno.

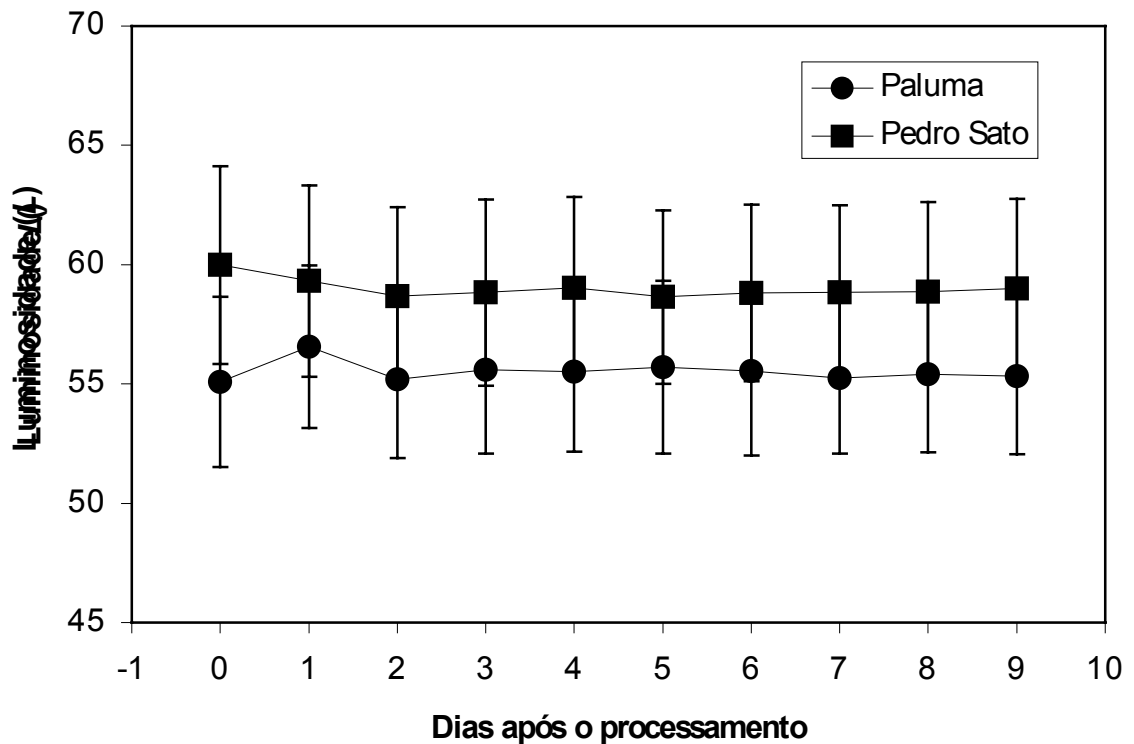


Figura 3. Evolução da luminosidade da superfície externa de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3°C .

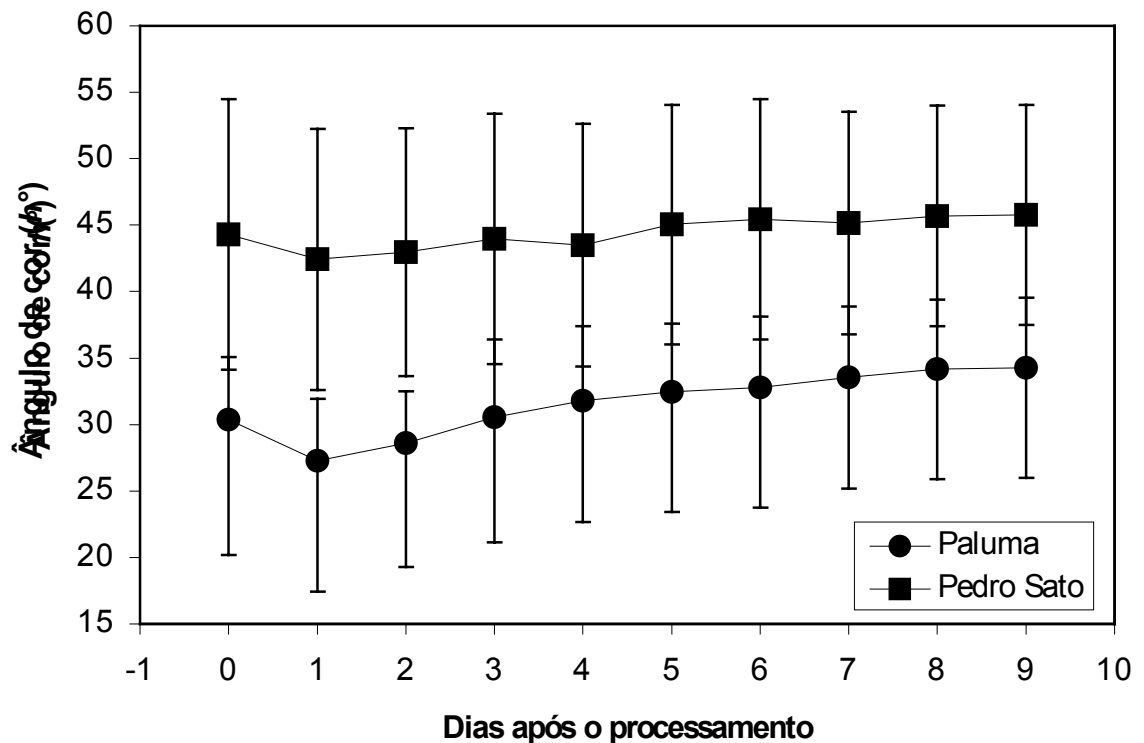


Figura 4. Evolução do ângulo de cor da superfície externa de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3 °C.

Pode-se observar também que os maiores valores para a cromaticidade (C) foram obtidos nos produtos da 'Paluma', ao longo do armazenamento (Figura 5). Nota-se que houve diminuição da intensidade da cor para ambas as cultivares ao longo do armazenamento, sendo que essa perda foi maior no produto da 'Paluma'. Isso permite afirmar que houve manutenção da concentração desses pigmentos na cultivar Pedro Sato e, conseqüentemente, da aparência inicial do produto ao longo do armazenamento.

A manutenção desses parâmetros propiciou a preservação da aparência "fresca" dos frutos processados de ambas as cultivares. Isto é um atributo

importante, pois segundo Kader (1992), 94% da decisão de compra de um produto pelo consumidor é influenciado pela aparência ou condição do produto.

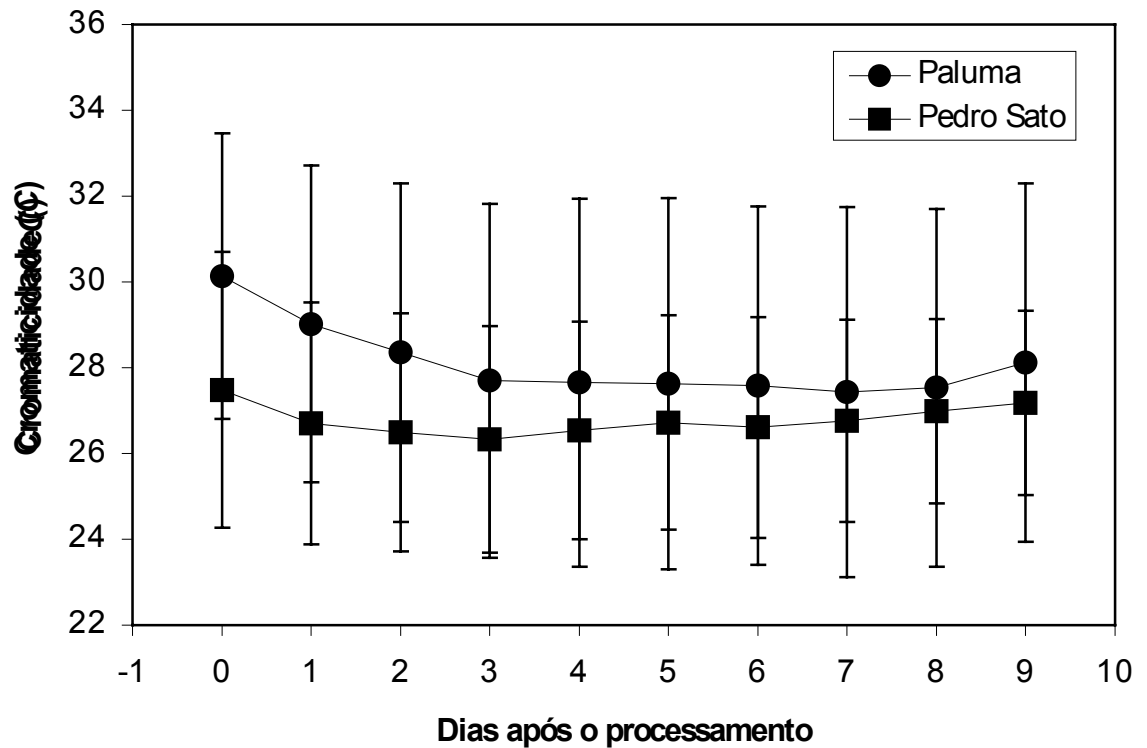


Figura 5. Evolução da cromaticidade da superfície externa de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3 °C.

Conclusões

A perda de massa fresca manteve-se uniforme durante o período de armazenamento. A embalagem utilizada proporcionou uma atmosfera otimizada para o produto, mantendo os níveis de O₂ e CO₂ em 16,60 % e 1,95 %, respectivamente. O produto obtido com a 'Paluma' proporcionou uma coloração mais vermelha ($h^\circ = 31,58$), porém mais escura ($L = 55,51$) que o da 'Pedro Sato' ($h^\circ = 44,43$ e $L = 59,00$). Houve manutenção da coloração ao longo do período de armazenamento, propiciando a preservação da aparência "fresca" dos frutos processados de ambas as cultivares.

Referências

BARMORE, C.R. Packing technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Tumbull, n. 10, p. 207-217, 1987.

BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

BURNS, J.K. Lightly processed fruits and vegetables: Introduction. **HortScience**, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 14-15, 1995.

CANTWELL, M. Fresh-cut products. **Perishables Handling Newsletter**, Davis, n. 81, p. 2-3, 1995.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

KADER, A.A. (ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis:University of California, 1992. 296 p.

LATIES, G.G. The development and control of respiratory pathways in slices of plant storage organs. In: KAHL, G. (Ed.). **Biochemistry of wounded tissues**. Berlin:Walter de Gruyter, 1978. p. 421-466.

LIOUTAS, T. Challenges of controlled and modified atmosphere packing: a food company's perspective. **Food Technology**, Chicago, v. 18, n. 9, p. 78-86, 1988.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J.F.; TEIXEIRA, G.H.A.; SARZI, B.; PINTO, S.A.A. Processamento mínimo de goiabas 'Pedro Sato'. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos**. Viçosa:UFV, 2000. p. 8.

MINOLTA CORP. **Precise color communication**: color control from feeling to instrumentation. Ramsey, Minolta Corporation Instrument Systems Division, 1994, 49 p.

O'CONNOR-SHAW, R.E; ROBERTS, R.; FORD, A.L. NOTTINGHAM, S.M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, Chicago, n. 59, 1202-1206, 1994.

PAULL, R.E.; CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 12, p. 93-99, 1997.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal:FUNEP, 1995. 47 p.

PIGA, A.; D'AQUINO, S.; AGABBIO, M.; EMONTI, G.; FARRIS, G.A. Influence of storage temperature on shelf-life of minimally processed cactus pear fruits. **Lebensmittel Wissenschaft and Technologie**, London, v. 33, n. 1, p. 15-20, 2000.

PINTO, S.A.A.; DURIGAN, J.F.; SARZI, B.; TEIXEIRA, G.H.A.; MATTIUZ, B. Uso de melancia na produção de produtos minimamente processados: efeito de diferentes cortes e da temperatura de armazenamento na atividade respiratória. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos**. Viçosa:UFV, 2000. p. 21.

PORTELA, S.I.; CANTWELL, M.I. Quality changes of minimally processed honeydew melons stored in air or controlled atmosphere. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, p. 351-357, 1998.

ROLLE, R.S.; CHISM III, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Tumbull, v. 10, p. 157-177, 1987.

SARANTÓPOULOS, C.I.G.L. Embalagens plásticas para hortaliças e frutas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Palestras**. Viçosa:UFV, 2000. p. 53-72.

SARZI, B.; DURIGAN, J.F.; PINTO, S.A.A.; MATTIUZ, B.; TEIXEIRA, G.H.A. Avaliação do abacaxi "Pérola" submetido à dois tipos de corte e três temperaturas de armazenamento. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos**. Viçosa:UFV, 2000. p. 2.

TEIXEIRA, G.H.A.; DURIGAN, J.F.; MATTIUZ, B.H.; ROSSI JÚNIOR, O.D. Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001.

WATADA, A.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 20, p. 116-122, 1990.

WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 9, p. 115-125, 1996.

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

CAPÍTULO 6 – PROCESSAMENTO MÍNIMO EM GOIABAS ‘PALUMA’ E ‘PEDRO SATO’. 2. AVALIAÇÃO QUÍMICA, SENSORIAL E MICROBIOLÓGICA

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química, os variáveis sensoriais e microbiológicas em goiabas submetidas ao processamento mínimo e armazenadas a 3 °C. Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Pedro Sato e Paluma, provenientes de pomar comercial, no estágio de maturação “de vez”, correspondente a coloração verde-mate e considerado “ótimo para o consumo”. Os frutos foram inicialmente imersos em solução de hipoclorito de sódio (150 mg de cloro.L⁻¹) por 5 minutos, para desinfecção superficial. Pessoas treinadas, utilizando proteção adequada e equipamentos desinfetados descascaram os frutos, cortaram-nos longitudinalmente ao meio e eliminaram a polpa com as sementes, em ambiente a 12 °C. Após enxágüe com água clorada (20 mg de cloro.L⁻¹) foram embalados em contentores de tereftalato de polietileno (PET) com tampa. Estas unidades foram armazenadas a 3 °C por 10 dias. Foram realizadas análises microbiológicas ao longo do período. Determinaram-se quimicamente os conteúdos de lignina, ácido ascórbico, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e porcentagem de solubilização das pectinas, bem como as variáveis sensoriais de textura, sabor e preferência. A textura tornou-se mais frágil e os conteúdos de ácido ascórbico se reduziram, ao longo do período de armazenamento, nos produtos de ambas as cultivares. Durante este período houve aumento no conteúdo de lignina e manutenção dos conteúdos de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e da relação SST/ATT. O produto da cultivar Pedro Sato apresentou menor perda de textura que o da ‘Paluma’, sendo considerado pelos provadores como o mais saboroso e, portanto, o mais preferido. Devido aos cuidados higiênicos tomados durante o processamento o produto apresentou baixa contagem microbiana (< 10³ UFC.g⁻¹), em todas as avaliações efetuadas.

Palavras-Chave: *Psidium guajava*, pós-colheita, minimamente processado, ácido ascórbico, textura, sabor.

Introdução

Nas últimas décadas têm ocorrido mudanças consideráveis nos hábitos alimentares dos brasileiros. A busca de uma alimentação mais saudável, através do consumo de frutas e hortaliças frescas, aliada ao uso de novas tecnologias na indústria de alimentos, permitiu uma demanda crescente de alimentos mais convenientes e frescos, que sejam menos processados e prontos para o consumo: os produtos minimamente processados. O consumo desse tipo de produto, segundo pesquisa do INSTITUTO NIELSEN, tem crescido, em média, 80% ao ano desde 1996 (REZENDE, 2000). Somente no Estado de São Paulo, pesquisas realizadas pelo Ministério de Integração Nacional indicam uma preferência de 32% dos consumidores por produtos minimamente processados e, destes, 71,8% associam esta escolha à higiene (SOUZA, 2001).

Segundo Cantwell (1995), o termo minimamente processado pode ser definido como produtos “frescos”, que são comercializados limpos, convenientes e que podem ser preparados e consumidos em menos tempo.

As possibilidades de venda de frutas minimamente processadas em supermercados brasileiros e estruturas afins são muito grandes, dada à existência e a possibilidade de virem integrar razoáveis cadeias de distribuição de frutas.

Entretanto, as frutas minimamente processadas ainda são um desafio, devido à falta de conhecimento a respeito do comportamento fisiológico, químico e bioquímico do produto.

As operações envolvidas na preparação de frutas minimamente processadas, geralmente, são responsáveis pela curta vida útil das mesmas, a

qual fica restrita, em alguns casos, a somente 3-4 dias (O'CONNOR-SHAW et al., 1994). Os cortes levam a mudanças fisiológicas que resultam em prejuízos à aparência e são, no momento, um dos principais problemas ao processamento mínimo. A senescência pode ser acelerada e odores indesejáveis podem ser desenvolvidos, com a aceleração da respiração e da produção de etileno nos locais cortados.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a composição química e aspectos sensoriais e microbiológicos de goiabas submetidas ao processamento mínimo e armazenadas a 3 °C.

Material e Métodos

Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Pedro Sato e Paluma, provenientes de pomar comercial, no estágio de maturação “de vez”, correspondente a coloração verde-mate (PEREIRA, 1995) e considerado “ótimo para o consumo” (WATADA et al., 1996). Os frutos foram colhidos em duas épocas: setembro de 2000 ('Pedro Sato') e janeiro de 2001 ('Paluma').

Depois de colhidos e acondicionados em caixas, previamente revestidas com papel, os frutos foram transportados rápida e cuidadosamente ao Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da UNESP/FCAV – Campus de Jaboticabal, SP, distante 43 km do local da colheita.

No laboratório, os frutos de cada experimento foram submetidos a uma seleção, visando dar o máximo de uniformidade ao lote (cerca de 78±4 mm de comprimento e 67±4 mm de diâmetro). Em seguida, foram lavados em água fria e imersos em solução de hipoclorito de sódio (150 mg de cloro.L⁻¹) por 5 minutos, para desinfecção superficial. Pessoas treinadas, utilizando proteção adequada (luvas, avental, touca e máscara descartáveis, além de botas de borracha) e equipamentos desinfetados (facas, colheres, bancadas e água clorada)

descascaram os frutos, cortaram-nos longitudinalmente ao meio e eliminaram a polpa com as sementes, em ambiente a 12 °C. Após enxágüe com água clorada (20 mg de cloro.L⁻¹), as metades dos frutos foram colocadas em peneiras plásticas para escorrer o excesso de água, por 2 minutos, e embaladas, colocando-se cinco delas em cada contentor de tereftalato de polietileno (PET) transparentes, com tampa, e capacidade de 750 mL (NEOFORM[®] N-94). Estas unidades foram armazenadas a 3 °C por 10 dias, conforme o determinado em trabalhos preliminares (MATTIUZ et al., 2000). Nestas, determinaram-se, a cada 3 dias, os conteúdos de ácido ascórbico, acidez total titulável e sólidos solúveis totais, conforme técnica da AOAC (1980), o conteúdo de lignina segundo Silva (1990) e os conteúdos de pectina total e solúvel (McREAD e McCOOMB, 1952 e BLUMENKRANTZ e ASBOE-HANSEN, 1973) que permitiram obter a percentagem de solubilização das pectinas. Os parâmetros sensoriais de textura, sabor e preferência foram determinados no início, no 2º, 5º e 9º dias, por 26 provadores não treinados, utilizando uma escala não estruturada, conforme o proposto por Stevens e Albright (1980). A avaliação microbiológica foi efetuada no início e após 5 e 7 dias (INTERNATIONAL COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOOD, 1978; AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1992).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, num esquema fatorial composto por dois fatores: **cultivar** ('Paluma' e 'Pedro Sato'), e **data de amostragem**. Foram utilizadas três repetições para as determinações químicas e cinco para as do conteúdo de lignina.

Resultados e Discussão¹

Houve diferenças significativas entre as cultivares, em todos os parâmetros químicos avaliados (Tabela 1). Pode-se verificar que o produto da cultivar Paluma obteve as maiores médias para os conteúdos de ácido ascórbico, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), e porcentagem de solubilização das pectinas (PSP). O da 'Pedro Sato', por sua vez, obteve o maior índice que caracteriza o sabor (SST/ATT), e uma menor porcentagem de solubilização das pectinas (PSP), sinalizando maior manutenção da textura que a 'Paluma'. As diferenças para os conteúdos de ácido ascórbico podem ser explicadas pela diversidade genética entre as cultivares, pois Lima et al. (1999) também relacionaram diferenças significativas entre os conteúdos de vitamina C das cultivares Paluma (57,7 mg de ácido ascórbico.100g⁻¹) e Rica (107,0 mg de ácido ascórbico.100g⁻¹). A época em que foram conduzidos os experimento também podem ter influenciado no conteúdo dessa vitamina.

Ao longo do período de armazenamento, constata-se que ocorreram diferenças estatísticas entre as médias dos conteúdos de ácido ascórbico, SST, PSP e lignina (Tabela 1). O conteúdo de ácido ascórbico diminuiu nos produtos das duas cultivares. Segundo Seymour et al. (1993), a queda no teor desta vitamina, em goiabas maduras, é um indicativo de senescência. Provavelmente, os sistemas protetores antioxidantes associados ao ácido ascórbico foram danificados pelas injúrias mecânicas durante o processamento, permitindo a depleção oxidativa irreversível do ácido ascórbico à ácido 2,3 dioxi L-gulônico (BURTON, 1982). Mowlah e Itoo (1983), no entanto, constataram acréscimo no conteúdo de ácido ascórbico em goiabas mantidas a 20 °C por oito dias. Atribuíram esse efeito ao aumento da atividade hidrolítica da enzima

¹ A análise de variância dos parâmetros químicos e sensoriais de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', submetidas ao processamento mínimo, pode ser observada na Tabela 9 do apêndice.

poligalacturonase, resultando na liberação de ácido poligalacturônico como precursor do ácido ascórbico.

Tabela 1. Variações dos teores de ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, porcentagem de solubilização de pectinas (PSP) e conteúdo de lignina em produtos minimamente processados de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato', armazenados a 3 °C.

Variável	AA mg.kg ⁻¹	SST °Brix	ATT g.kg ⁻¹	SST/ATT	PSP	Lignina*
Cultivar						
Paluma	377,13 a	7,55 a	6,48 a	11,81 b	47,40 a	6,71 b
Pedro Sato	153,18 b	6,55 b	3,32 b	19,68 a	34,98 b	10,61 a
Tempo (dia)						
0	303,65 a	7,37 a	4,93 a	16,22 a	38,17 a	7,53 b
3	255,62 b	6,95 bc	4,82 a	15,65 a	39,18 ab	8,78 ab
6	265,38 b	6,75 c	4,80 a	15,52 a	39,65 ab	9,09 ab
9	235,97 b	7,13 ab	5,03 a	15,60 a	47,75 a	9,32 a

* expressa em porcentagem de lignina na matéria seca.

Obs.: médias seguidas de pelo menos uma letra comum, nas colunas, para cada variável, não diferem significativamente entre si, pelo teste de Tukey (P<0,05).

O conteúdo de SST, apesar de diferir significativamente entre as datas de avaliação, manteve-se estável ao longo do período, com comportamento semelhante ao conteúdo de ATT e da relação SST/ATT. Os teores de ácidos orgânicos, com poucas exceções, diminuem com a maturação, em decorrência do processo respiratório ou da sua conversão em açúcares. Além disso, esses ácidos constituem excelentes reservas energéticas do fruto, através de sua oxidação via ciclo de Krebs (KAYS, 1991). A relação SST/ATT é um importante parâmetro qualitativo, pois dá o indicativo de sabor do produto, uma vez que ele é consequência do balanceamento entre os constituintes com sabor doce e ácido do produto. Frutos poderão se tornar sobremaduros, do ponto de vista do sabor, tanto

pelo acúmulo de açúcares quanto pela diminuição da acidez e assim se tornarem pouco saborosos.

Ainda na Tabela 1, constata-se uma evolução significativa para os teores de PSP e lignina, ao longo do armazenamento. Esse aumento denota que, com o passar do tempo, o produto de ambas as cultivares se tornava mais mole, porém ocorria maior deposição de lignina na parede celular dos mesmos.

O produto da cultivar Paluma, ao longo do período de armazenamento, apresentou textura mais branda que a da 'Pedro Sato' (Figura 1). Esse amolecimento mais intenso da 'Paluma' indica uma sensibilidade maior ao processamento mínimo, que a 'Pedro Sato'. O mecanismo pelo qual a perda na textura é regulada, segundo Watada et al. (1990), é ainda desconhecido. Quando tecidos vegetais são lesionados ocorrem aumentos na velocidade da produção do etileno (ABELES et al., 1992). Este etileno acelera a deterioração e a senescência dos tecidos vegetais e promove modificações na textura de melancias, kiwis e bananas minimamente processadas (WATADA et al., 1990). O'connor-Shaw et al. (1994) relatam, através de análise sensorial, que a perda da qualidade foi diretamente proporcional à perda da textura em frutos de melão, kiwi, papaia e abacaxi minimamente processados.

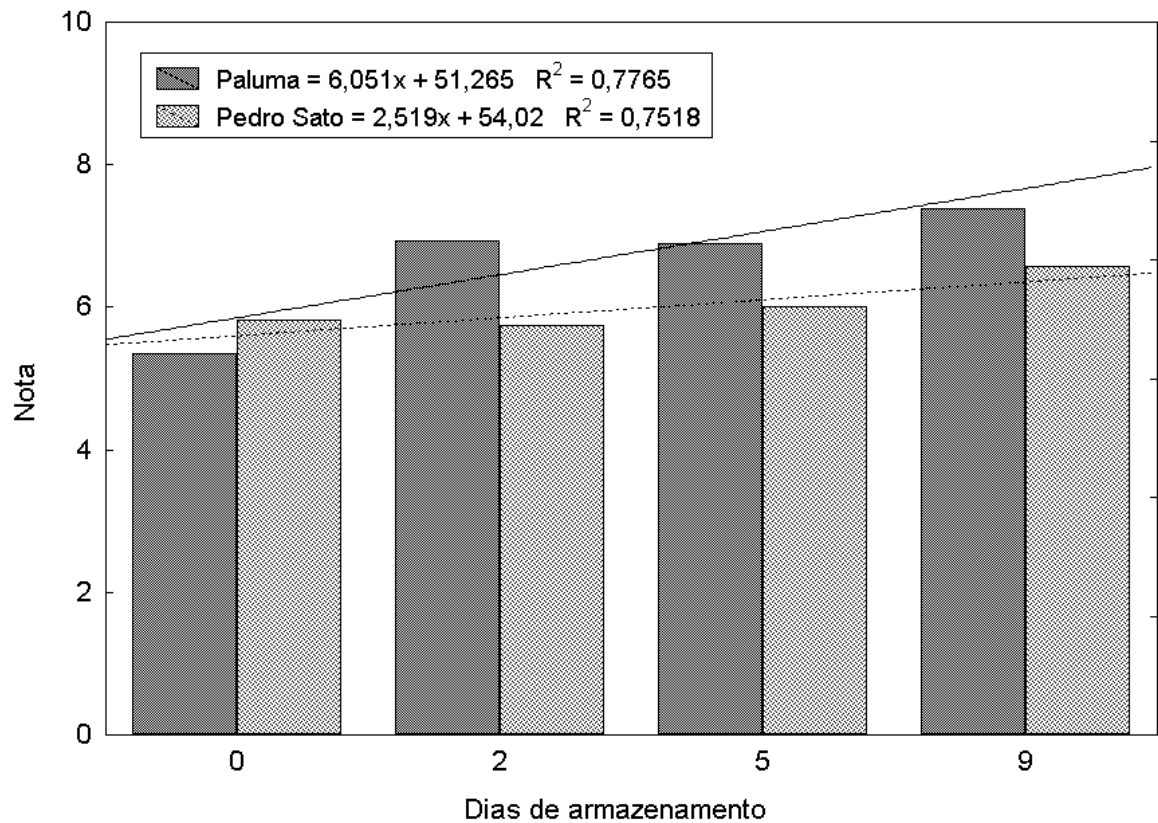


Figura 1. Variação da textura em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3 °C, onde: 0 = muito dura e 10 = muito mole.

Com relação à análise de sabor (Figura 2), nota-se que o produto da 'Pedro Sato' apresentou tendência de incremento nos seus valores, ao longo do período de armazenamento, contrariamente aos da 'Paluma' cuja tendência foi linear e negativa, indicando que os provadores revelaram uma predileção maior pela goiaba 'Pedro Sato' minimamente processada.

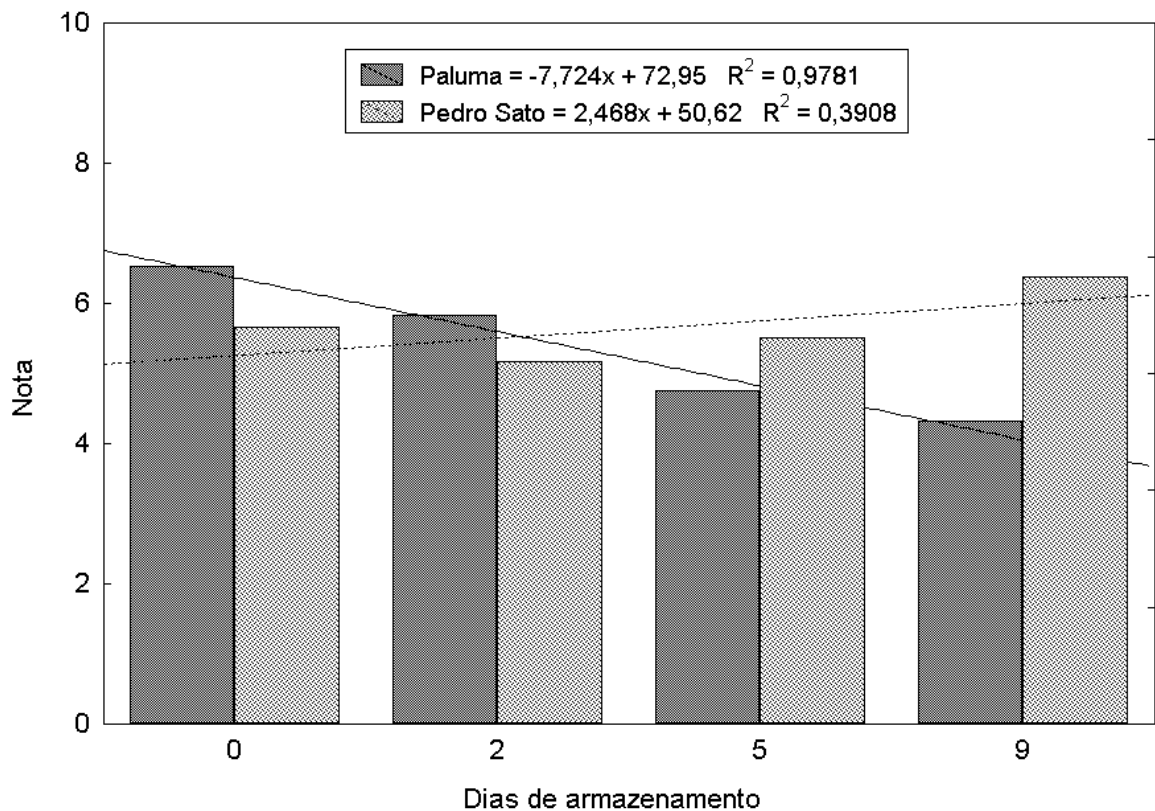


Figura 2. Variação do sabor em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3 °C, onde 0 = muito ruim e 10 = muito bom.

Quanto à preferência, nota-se que o comportamento do produto das duas cultivares, ao longo do tempo de armazenamento (Figura 3), foi similar ao do sabor. Esse fato, aliado à evolução da relação SST/ATT (Tabela 1) e à manutenção da textura (Figura 1), torna possível afirmar que a cultivar Pedro Sato permite a obtenção de um produto mais saboroso que a 'Paluma', com manutenção ou melhora na qualidade inicial. Contrariamente, em trabalhos de O'Connor-Shaw et al. (1994), é possível constatar que houveram perdas na qualidade e na doçura, com incremento no gosto amargo de melões, kiwis, papaias e abacaxis minimamente processados. Segundo Kader (1992), 96% na decisão de compra por um consumidor é influenciado pelo seu sabor.

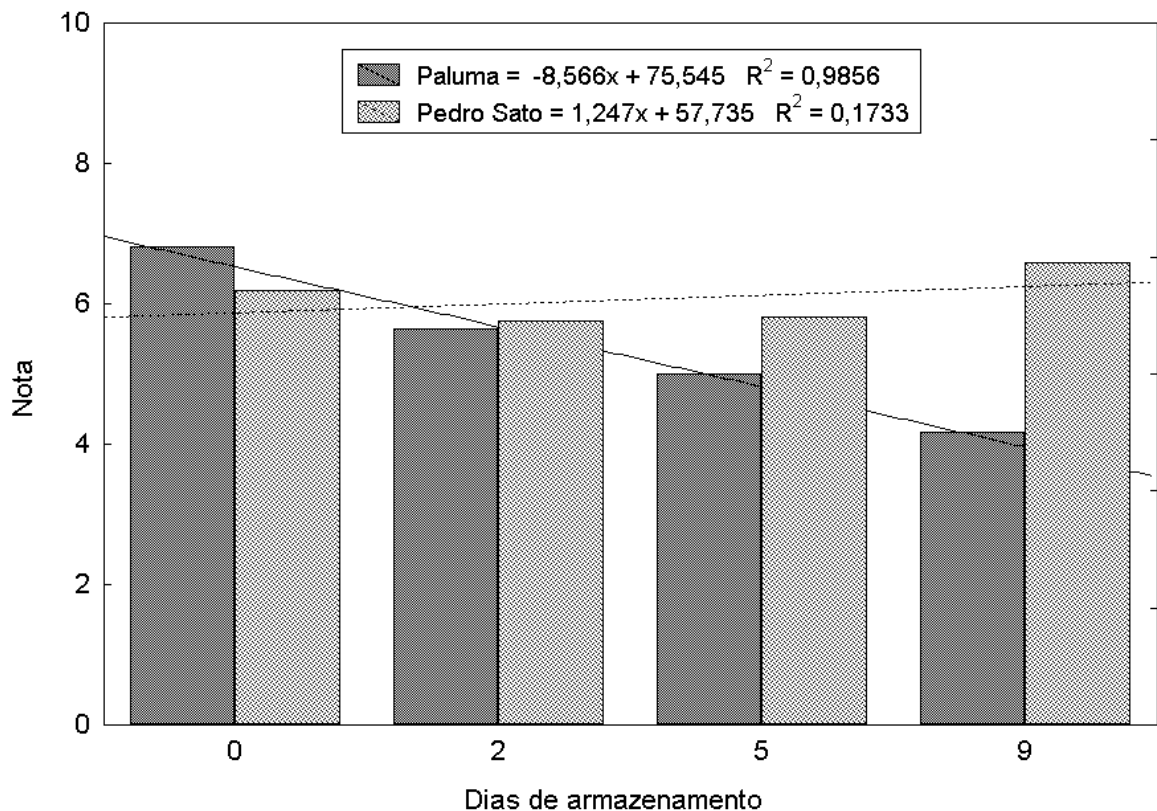


Figura 3. Variação da preferência em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3 °C, onde 0 = desgostei muito e 10 = gostei muito.

Na Tabela 2 é mostrada a qualidade microbiológica do produto minimamente processado das goiabas 'Pedro Sato' e 'Paluma' durante o período de avaliação. Observa-se que para as duas cultivares e em todas as datas de avaliação não ocorreram contaminações de coliformes totais e coliformes fecais. Quanto a quantidade de bactérias mesófilas, nota-se que houve incremento nas unidades formadoras de colônia (UFC) ao longo do período de armazenamento. Entretanto, a acidez elevada do produto, conjugada ao efeito da refrigeração a 3 °C e dos cuidados sanitários dispensados durante o preparo, mantiveram a sanidade do produto. De acordo com RDC nº 12 de 02/01/2000 publicada no Diário Oficial da União de 10/01/2000, o limite tolerado para segurança de alimentos é de 10^3 UFC.g⁻¹. No entanto, não existe legislação definida para os produtos minimamente processados.

Tabela 2. Quantidade de coliformes totais, fecais e de mesófilos em goiabas ‘Pedro Sato’ e ‘Paluma’ minimamente processadas e armazenadas em embalagens PET a 3 °C.

Avaliação (dia)	Rep	‘Pedro Sato’			‘Paluma’		
		CT ^α	CF ^β	MES ^δ	CT	CF	MES
0	1	ausência	ausência	<1	ausência	ausência	<10
	2	ausência	ausência	<3	ausência	ausência	<10
5	1	ausência	ausência	10	ausência	ausência	<10
	2	ausência	ausência	80	ausência	ausência	8,8.10 ²
7	1	ausência	ausência	-	ausência	ausência	100
	2	ausência	ausência	-	ausência	ausência	60

^α Coliformes totais.g⁻¹; ^β Coliformes fecais.g⁻¹; ^δ Mesófilo, expresso em UFC.g⁻¹.

Odumeru et al. (1997) demonstraram que o controle da temperatura é fundamental para a manutenção da qualidade de hortaliças minimamente processadas, pois encontraram maiores aumentos na população de mesófilos em produtos estocados a 10 °C do que nos armazenados a 4 °C. No entanto, esses dados estiveram abaixo dos observados por Nguyen-The e Carlin (1994), que relataram números de bactérias mesófilas variando de 10³ a 10⁹ UFC.g⁻¹, dependendo do local de amostragem e do tempo decorrido. Estes mesmos autores relatam que coliformes em meio seletivo representaram uma pequena porção dos contaminantes bacterianos, e que coliformes fecais não foram detectados na maioria das amostras estudadas. Segundo Farber (1991), o CO₂ solúvel em água e os lipídeos, são os principais responsáveis pelo efeito bacteriostático a microrganismos que podem crescer em produtos minimamente processados. As combinações requeridas de temperatura, concentrações de O₂ e CO₂ variam com o tipo de vegetal, a variedade, a origem e a estação do ano (SHEWFELT, 1986).

Conclusões

Os conteúdos de ácido ascórbico, ao longo do período de armazenamento diminuíram no produto minimamente processado das cultivares 'Paluma' e 'Pedro Sato'. Contrariamente houve aumento no conteúdo de lignina, da porcentagem de solubilização das pectinas, ocorrendo também a manutenção dos conteúdos de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e da relação SST/ATT. O produto da cultivar Pedro Sato apresentou perda menor da textura que o da 'Paluma', e foi considerado como sendo o mais saboroso pelos provadores e portanto foi o mais preferido. O produto apresentou baixa contagem microbiana ($< 10^3$ UFC.g⁻¹), em todas as avaliações efetuadas.

Referências

ABELES, F.B.; MORGAN, P.W.; SALTWEIT, M.E. **Ethylene in plant biology**. 2nd ed. San Diego: Academic Press. 1992.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, Committee on Microbiological Methods for Foods. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3 ed. Washington: APHA, 1992. 1219 p.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13 ed. Washington: A.O.A.C., 1980. 1018 p.

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New method for quantitative determination of uronic acids. **Analytical Chemistry**, New York, v. 5, p. 484-489, 1973.

BURTON, W.G. Continue development and changes in quality. In: **Postharvest physiology of food crops**. New York:Longman, 1982, p. 147-180.

CANTWELL, M. Fresh-cut products. **Perishables Handling Newsletter**, Davis, n. 81, p. 2-3, 1995.

FARBER, J.M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packing technology – a review. **Journal of Food Protection**, Iowa, v. 54, n. 1, p. 58-70, 1991.

INTERNATIONAL COMMITTEE ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATION FOR FOOD. **Microorganisms in foods**. I. Their significance and methods of enumeration. 2nd ed. Toronto: University Press, 1978. 434 p.

KADER, A.A. (ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis:University of California, 1992. 296 p.

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

LIMA, M.A. **Conservação pós-colheita de goiaba e caracterização tecnológica dos frutos de diferentes genótipos, produzidos em Jaboticabal, SP**. 1999. 101 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1999.

MATTIUZ, B.; DURIGAN, J.F.; TEIXEIRA, G.H.A.; SARZI, B.; PINTO, S.A.A. Processamento mínimo de goiabas ‘Pedro Sato’. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. **Resumos**. Viçosa:UFV, 2000. p. 8.

McREAD, P.M.; McCOOMB, E.A. Extraction and determination of total pectin materials. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 24, n. 12, p. 1586-1590. 1952.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Changes in pectic componentes, ascorbic acid, pectic enzymes and cellulase activity in ripening and stored guava (*Psidium guajava* L.). **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Kannondai, v. 30, p. 454-461, 1983.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, n. 34, v. 4, p. 371-401. 1994.

O'CONNOR-SHAW, R.E; ROBERTS, R.; FORD, A.L. NOTTINGHAM, S.M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Jounal of Food Science**, Chicago, n. 59, 1202-1206, 1994.

ODUMERU, J.A.; MITCHELL, S.J.; ALVES, D.M.; LYNCH, J.A.; YEE, A.J.; WANG, S.L.; STYLIADIS, S.; FARBER, J.M. Assessment of the microbiological quality of ready-to-use vegetables for health-care food services. **Journal of Food Protection**, Iowa, v. 60, n. 8, p. 954-960, 1997.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal:FUNEP, 1995. 47 p.

REZENDE, R. Economize gás e tempo de fogão. **O Estado de S. Paulo**, São Paulo, 30 abr. 2000. Caderno F, p. 9.

SEYMOUR, G.B; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. 454 p.

SHEWFELT, R.L. Postharvest treatment for extending the shelf life of fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, Tumbull , n. 5, p. 70-80, 1986.

SILVA, D.J. **Análise de alimentos**: métodos químicos e biológicos. 2. ed. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 1990. 165 p.

SOUZA, R. A. M. Mercado para produtos minimamente processados. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 3, 2001.

STEVENS, M.A.; ALBRIGHT, M. An approach to sensory evaluation of horticultural commodities. **HortScience**, Alexandria, v. 15, n. 1, p. 48-50, 1980.

WATADA, A.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v. 20, p. 116-122 , 1990.

WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 9, p. 115-125, 1996.

CAPÍTULO 7 – APLICAÇÕES DA TOMOGRAFIA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA COMO MÉTODO NÃO-DESTRUTIVO PARA AVALIAR OS EFEITOS DO PROCESSAMENTO MÍNIMO E DE INJÚRIAS MECÂNICAS EM GOIABAS ‘PALUMA’ E ‘PEDRO SATO’

RESUMO - No primeiro experimento os frutos no estágio de maturação “de vez” das cultivares Paluma e Pedro Sato foram submetidos às injúrias mecânicas. Na injúria por impacto os frutos foram deixados cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m, sofrendo dois impactos, em lados opostos de sua porção equatorial. Na injúria por compressão, os frutos foram submetidos a um peso de 29,4 N, por 15 minutos. Para a injúria por corte, foram efetuados dois cortes, no sentido longitudinal dos frutos, de exatamente 30 mm de comprimento por 2 mm de profundidade. Os frutos injuriados foram armazenados sob condições de ambiente (22 ± 2 °C e 40 %UR). No segundo experimento, pessoas treinadas, utilizando proteção adequada e equipamentos desinfetados descascaram frutos no estágio “de vez”, cortaram-nos longitudinalmente ao meio e eliminaram as sementes, em ambiente a 12 °C. Após enxágüe, foram embalados em contentores de tereftalato de polietileno (PET) com tampa e armazenados a 3 °C. Foram realizadas análises com tomógrafo de ressonância magnética Varian Inova de 2 Tesla. As imagens foram obtidas a partir da detecção dos prótons de hidrogênio (^1H). Para cada fruto foram obtidos tomogramas simétricos a partir do centro do fruto. O estresse físico causado pelo impacto produziu um colapso interno nos lóculos desses frutos (*internal bruising*), levando à perda da integridade celular e a conseqüente liquefação dos tecidos placentários. A injúria por compressão tornou-se mais evidente no pericarpo externo do fruto, mostrando lesões nos tecidos. A injúria por corte provocou deformações superficiais devido à perda de matéria fresca no local da lesão. Não houve diferença aparente nos produtos de ambas as cultivares, até cinco dias após o processamento. Observa-se que após cinco dias de

armazenamento a 3 °C, os produtos minimamente processados, de ambas as cultivares, mantiveram a mesma estrutura interna dos processados no primeiro dia.

Palavras-Chave: *Psidium guajava*, injúrias, minimamente processados, tomografia, ressonância magnética nuclear.

Introdução

Atualmente a produção de frutas de alta qualidade e o processamento mínimo objetivando a produção comercial de produtos frescos, para mercados cada vez exigentes, tem sido a tônica da fruticultura brasileira. Isso se deve às mudanças culturais nos hábitos alimentares do brasileiro, notadamente, nas populações de classe média a média alta (SOUZA, 2001).

Essas exigências requerem técnicas seguras, rápidas e não destrutivas para a medida de propriedades físicas dos frutos (THOMAS et al., 1995; CLARK et al., 1997).

A espectroscopia por Ressonância Magnética Nuclear (Magnetic Resonance Spectroscopy, MRS) constitui um método não-invasivo, seguro e capaz de fornecer informações sobre o estado químico e físico dos materiais, bem como sobre o estado fisiológico e as condições de metabolismo em sistemas biológicos, sem qualquer extração ou destruição da amostra (BOTTOMLEY, 1982; CLARK et al., 1997).

A condição fundamental para se analisar algum material por MRS é a presença de núcleos com momento magnético. No caso de frutas, o núcleo mais indicado é o do hidrogênio (^1H), que devido a sua abundância, resulta num alto valor da relação sinal/ruído e, conseqüentemente, permite a obtenção de espectros e imagens em tempos curtos. A mobilidade desses núcleos de

hidrogênio nos frutos varia com os processos metabólicos e maturação. Adicionalmente, essas concentrações e a mobilidade dos átomos de ^1H estão associadas com atributos qualitativos desses frutos, como a ocorrência de injúrias mecânicas nos tecidos (CHEN et al., 1996).

Considerando que os parâmetros da ressonância magnética da água em alimentos são dependentes de sua arquitetura celular, as mudanças que afetam a sua estrutura podem ser detectadas por tomografia por ressonância magnética através da formação de imagens (Magnetic Resonance Imaging, MRI) (NASCIMENTO et al., 1999; BISCEGLI et al., 2000).

Estudos preliminares realizados por Chen et al. (1989), indicam a MRI como poderosa ferramenta para fornecer informações sobre a estrutura interna de frutas inteiras, relacionado-as à qualidade, como a ocorrência de injúrias mecânicas, regiões desidratadas, danos por larvas, amolecimento interno e estágio de maturação. Clark e Burmeister (1999) utilizaram a MRI para identificar injúrias em maçãs, causadas por altas concentrações de CO_2 durante o armazenamento sob condições de atmosfera controlada. Vários autores vêm utilizando a tomografia de ressonância magnética, como método não destrutivo, a fim de avaliar a qualidade de frutas frescas (ZION, et al., 1995; HALL et al., 1998; BISCEGLI et al., 2000; GONZALES et al., 2001). Chen et al. (1996) e Clark et al. (1999) utilizaram a MRI para acompanhar o desenvolvimento em frutas, através de medidas quantitativas fornecidas pelas imagens.

Objetivou-se determinar o potencial do uso da tomografia de ressonância magnética, através do software de processamento de imagens SIARCS[®], como método não-destrutivo, para avaliar os efeitos das injúrias mecânicas e do processamento mínimo em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'.

Material e Métodos

Foram utilizados frutos de goiabeiras das cultivares Paluma e Pedro Sato procedentes do município de Vista Alegre do Alto, SP.

Depois de colhidos, no estágio de maturação “de vez”, correspondente à coloração verde-mate (PEREIRA, 1995), os frutos foram imediatamente e cuidadosamente transportados para o Laboratório de Tecnologia dos Produtos Agrícolas da FCAV/UNESP – Jaboticabal, onde eram inicialmente imersos em água fria (15 °C) e clorada (150 mg de cloro.L⁻¹) por cinco minutos.

No primeiro experimento estes frutos foram submetidos às injúrias mecânicas. Na injúria por impacto, eles foram deixados cair, em queda livre, de uma altura de 1,20 m. Cada fruto sofreu dois impactos em sua região equatorial, em lados opostos. Para a injúria correspondente à compressão, os frutos foram colocados em um aparelho onde um bloco exercendo um peso de 29,4 N era apoiado, por 15 minutos, provocando 2 lesões em lados opostos e no sentido longitudinal dos frutos. Na injúria por corte foram realizados dois cortes, em lados opostos, de 30 mm de comprimento por 2 mm de profundidade, no sentido longitudinal, usando-se uma lâmina com 1,1 mm de espessura. As áreas lesionadas eram imediatamente demarcadas.

Para o experimento de processamento mínimo, pessoas treinadas, utilizando proteção adequada (luvas, avental, touca e máscara descartáveis, além de botas de borracha) e equipamentos desinfetados (facas, colheres, bancadas e água clorada) descascaram frutos no estágio “de vez” e considerados “ótimos para o consumo” (WATADA et al., 1996), cortaram-nos longitudinalmente ao meio e eliminaram as sementes, em ambiente a 12 °C. Após enxágüe com água clorada (20 mg de cloro.L⁻¹), eles foram escorridos por 2 minutos e embalados em contentores de tereftalato de polietileno (PET) transparentes, com tampa, e capacidade de 750 mL (NEOFORM® N-94).

Os materiais dos dois experimentos foram transportados cuidadosamente até a EMBRAPA Instrumentação Agropecuária, em São Carlos, SP, onde foram

armazenados sob condições controladas. Os frutos do primeiro experimento foram armazenados a 22 ± 2 °C e 40 %UR, enquanto que os produtos minimamente processados a 3 °C.

Os materiais vegetais foram analisados em tomógrafo de ressonância magnética nuclear Varian Inova de 2 Tesla, com a inserção dos mesmos numa bobina de radiofrequência do tipo “gaiola” com diâmetro interno de 14 cm operando na frequência de 85,53 MHz. As imagens foram obtidas a partir da detecção dos prótons de hidrogênio (^1H), que são essencialmente das moléculas de água que compõem as frutas. As imagens geradas são em matrizes de 256 x 256 *pixels*, em 256 tons de cinza, em fatias com 2 mm de espessura e espaçadas de 5 mm. Para cada fruto foram obtidos 9 tomogramas simétricos, a partir do centro do fruto, em cortes sagitais. As imagens bidimensionais foram analisadas com relação a forma, localização e textura dos graus de cinza, que indicam as situações da água, mais móvel (livre) ou mais ligada aos tecidos sadios. Essas imagens foram captadas com intervalos de cinco dias, após o processamento e/ou a aplicação das injúrias. Foram realizadas imagens do tipo coronal, para as injúrias por impacto e por compressão, ou sagital para as injúria por corte e nos produtos minimamente processados.

Resultados e Discussão

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as imagens por tomografia de ressonância nuclear magnética de frutos injuriados e não injuriados de goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’. As imagens obtidas são observadas essencialmente a partir dos sinais dos núcleos de ^1H da água, que corresponde a pelo menos, 93 % da intensidade do espectro de ^1H dos frutos de goiaba. Na parte saudável da fruta, correspondente aos frutos controle, a diminuição da massa molecular implicou no aumento da mobilidade das moléculas de água, proporcionando aumento do

tempo de relaxação spin-spin (T_2), resultando numa tonalidade mais clara na imagem. Observa-se que essas áreas mais claras tornam-se mais evidentes ao longo do período de armazenamento (6º dia). Provavelmente essa resposta indica o aumento da concentração de açúcares, devido à hidrólise de carboidratos de reserva e ao colapso da matriz celular, devido ao amadurecimento (HALL et al., 1998).

Por outro lado, áreas mais claras servem também para indicar condições de água móvel (livre), causadas por injúrias de natureza mecânica. Nas Figuras 1 e 2, é possível constatar esse efeito, onde o estresse físico causado pelo impacto produziu um colapso interno nos lóculos desses frutos (*internal bruising*), levando à perda da integridade celular e a conseqüente liquefação dos tecidos placentários, com extravasamento celular. Isto é perfeitamente visível através das áreas mais claras localizadas no interior dos frutos (indicado por setas). Observa-se ainda, que nas goiabas, a injúria por impacto não apresenta sintomas externos prontamente visíveis, ou seja, o pericarpo externo do fruto permanece aparentemente intacto no momento da injúria e evolui para regiões lesionadas com o passar dos dias. Moretti (1998) também observou a ocorrência de injúria interna em tomates submetidos à injúria mecânica por impacto, verificando que elas nem sempre eram acompanhadas por sintomas externos visíveis. Áreas escurecidas também foram detectadas, através de MRI, em maçãs 'Braeburn' durante o armazenamento em atmosfera controlada sob altas concentrações de CO₂ (CLARK e BURMEISTER, 1999). Essa técnica também permitiu a detecção de distúrbios internos em pêras (WANG e WANG, 1989), maçãs (WANG et al., 1988; GONZALEZ et al., 2001), nectarinas (SONEGO et al., 1995) e melões (HALL et al., 1998).

A injúria por compressão produziu lesões (áreas mais esbranquiçadas e indicadas por setas) no pericarpo externo dos frutos de ambas as cultivares de goiaba (Figuras 1 e 2). As regiões lesionadas são tão mais brancas quanto mais próximas da casca dos frutos, provavelmente devido à maior proximidade do objeto compressor. Mohsenin (1986) afirma que a resistência de um determinado

vegetal depende de suas propriedades reológicas. Torna-se evidente que a estrutura e a elasticidade celular da goiaba conferiu resistência mecânica à compressão, fazendo com que os tecidos mais internos fossem preservados.

As Figuras 1 e 2, também permitem visualizar que a injúria por corte promoveu a ocorrência de áreas mais esbranquiçadas, indicativo de água livre, nas regiões próximas aos locais dos cortes, no primeiro dia, em ambas as cultivares. No 6º dia de avaliação, esta área não apresentava sintomas de injúria, provavelmente devido à lignificação dos tecidos nessa região, interrompendo o avanço da injúria. Contudo, verifica-se que na região vizinha ao corte houve deformações no formato do fruto, em ambas as cultivares. Isto pode ser devido à perda acentuada de massa fresca no lugar da injúria, ocasionando uma redução na superfície e dando origem à concavidade no local injuriado.

Na Figura 3, são mostrados os produtos minimamente processados das goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. Observa-se que após cinco dias de armazenamento a 3 °C, os produtos minimamente processados, de ambas as cultivares, mantiveram a mesma estrutura interna ao do primeiro dia. As operações envolvidas na preparação de frutos e hortaliças pré-cortadas, geralmente levam a mudanças fisiológicas que resultam em prejuízos à aparência (CANTWELL, 1992). Entretanto as condições de temperatura de armazenamento aliadas à embalagem, promoveram a manutenção da qualidade desses produtos.

Conclusões

A tomografia de ressonância magnética nuclear é uma ferramenta eficaz na detecção de injúrias internas de frutos. O estresse físico causado pelo impacto produziu um colapso interno nos lóculos desses frutos, levando à perda da integridade celular e a conseqüente liquefação dos tecidos placentários. A injúria por compressão tornou-se mais evidente no pericarpo externo do fruto, mostrando lesões nos tecidos. A injúria por corte provocou deformações superficiais devido à perda de matéria fresca no local da lesão. Os produtos minimamente processados, de ambas as cultivares, mantiveram a mesma estrutura interna do primeiro dia, após cinco dias de armazenamento a 3 °C.

Referências

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, 2000. p. 77-78.

BOTTOMLEY, P.A. NMR imaging techniques and applications: A review. **Review of Scientific Instruments**, New York, v. 53, n. 9, p. 1319-1337, 1982.

CANTWELL, M. Postharvest handling systems: Minimally processed fruits and vegetables. In: KADER, A.A. (ed.) **Postharvest technology of horticultural crops**. 2nd ed. Davis:University of California, 1992. p. 277-281.

CHEN, P.; McCARTHY, M.J.; KAUTEN, R. NMR for Internal Quality Evaluation of Fruits and Vegetables. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 32, n. 5, p. 1747-1753, 1989.

CHEN, P.; McCARTHY, M.J.; KIM, S.-M.; ZION, B. Development of a high-speed NMR technique for sensing maturity of avocados. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 6, p. 2205-2209, 1996.

CLARK, C.J.; BURMEISTER, D.M. Magnetic resonance imaging of browning development in 'Braeburn' apple during controlled-atmosphere storage under high CO₂. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 5, p. 915-919, 1999.

CLARK, C.J.; HOCKINGS, P.D.; JOYCE, D.C.; MAZUCCO, R.A. Application of magnetic resonance imaging to pre- and post-harvest studies of fruits and vegetables. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 11, p. 1-21, 1997.

CLARK, C.J.; RICHARDSON, A.C.; MARSH, K.B. Quantitative magnetic resonance imaging of Satsuma Mandarin fruit during growth. **HortScience**, Alexandria, v. 34, n. 6, p. 1071-1075, 1999.

GONZALEZ, J.J.; VALLE, R.C.; BOBROFF, S.; BIASI, W.V.; MITCHAM, E.J.; McCARTHY, M.J. Detection and monitoring of internal browning development in 'Fuji' apples using MRI. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 22, p. 179-188, 2001.

HALL, L.D.; EVANS, S.D.; NOTT, K.P. Measurement of textural changes of food by MRI relaxometry. **Magnetic Resonance Imaging**, Amsterdam, v. 16, n. 5/6, p. 485-492, 1998.

MOHSENIN, N.N. **Physical properties of plant and animal materials**: structure, physical characteristics and mechanical properties. New York: Gordon and Breach, 2nd ed., 1986, 891 p.

MORETTI, C.L. **Injúria interna de impacto em frutos de tomate: fisiologia e conservação pós-colheita**. 1998. 132 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

NASCIMENTO, A.S. do; BISCEGLI, C.I.; MENDONÇA, M. da C.; CARVALHO, R. da S. Avanços em tratamentos quarentenários para exportação de manga brasileira: tratamento hidrotérmico e tomografia de ressonância magnética. In: ALVES, R. E.; VELOZ, C. S. (Org.) **Exigências quarentenárias para exportação de frutas tropicais e subtropicais**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical/CYTED/CONACYT, 1999. p.155-171.

PEREIRA, F.M. **Cultura da goiabeira**. Jaboticabal:FUNEP, 1995. 47 p.

SONEGO, L.; BEN-ARIE, R.; RAYNAL, J.; PECH, J.C. Biochemical and physical evaluation of textural characteristics of nectarines exhibiting woolly breakdown: NMR imaging, X-ray computed tomography and pectin composition. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 5, n. 3, p. 187-198, 1995.

SOUZA, R. A. M. de. Mercado para produtos minimamente processados. **Informações econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 7-18, 2001.

THOMAS, P.; KANNAN, A.; DEGWEKAR, V. H.; RAMAMURTHY, M. S. Non-destructive detection of seed weevil-infested mango fruits by X-ray imaging. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 5, p. 161-165, 1995.

WANG, C.Y.; WANG, P.C. Nondestructive detection of core breakdown in 'Barlett' pears with nuclear magnetic resonance imaging. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 1, p. 106-109, 1989.

WANG, S.Y.; WANG, P.C.; FAUST, M. Non-destructive detection of watercore in apple with nuclear magnetic resonance imaging. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 35, p. 227-234, 1988.

WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh-cut horticultural products. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, n. 9, p. 115-125, 1996.

ZION, B.; CHEN, P.; McCARTHY, M.J. Nondestructive quality evaluation of fresh Prunes by NMR spectroscopy. **Journal of the Science of Food & Agriculture**, Sussex, v. 67, p. 423-429, 1995.

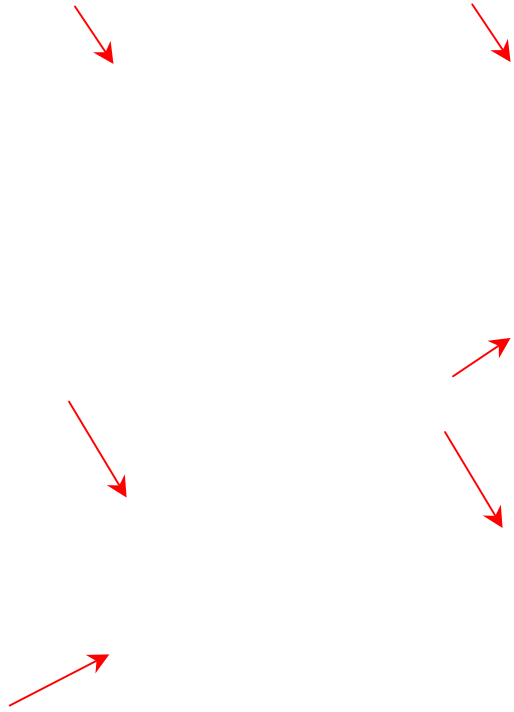


Figura 1. Tomogramas de ressonância magnética nuclear de goiabas 'Paluma' submetidas a três tipos de injúrias mecânicas.

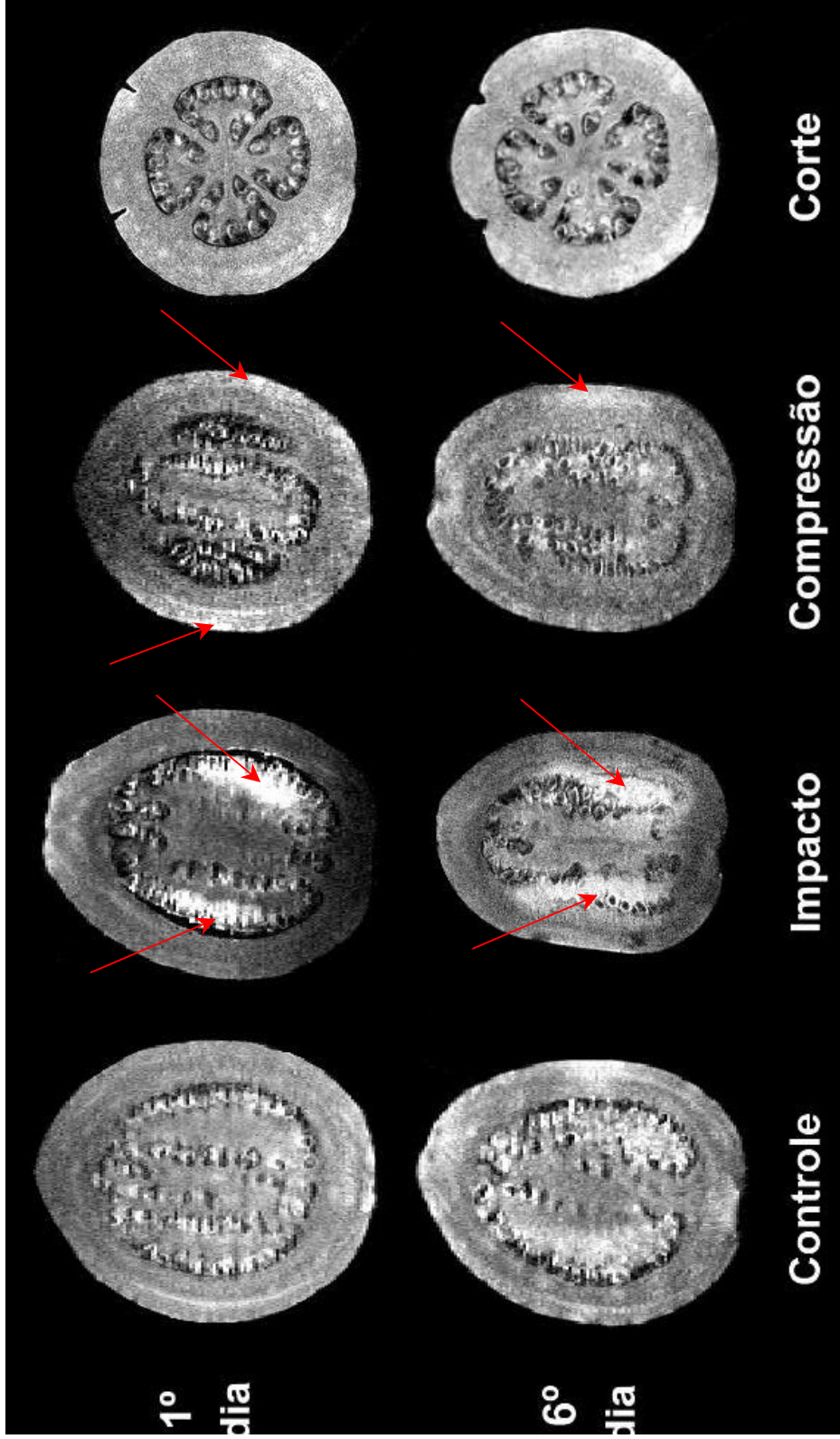


Figura 2. Tomogramas de ressonância magnética nuclear de goiabas 'Pedro Sato' submetidas a três tipos de injúrias mecânicas.

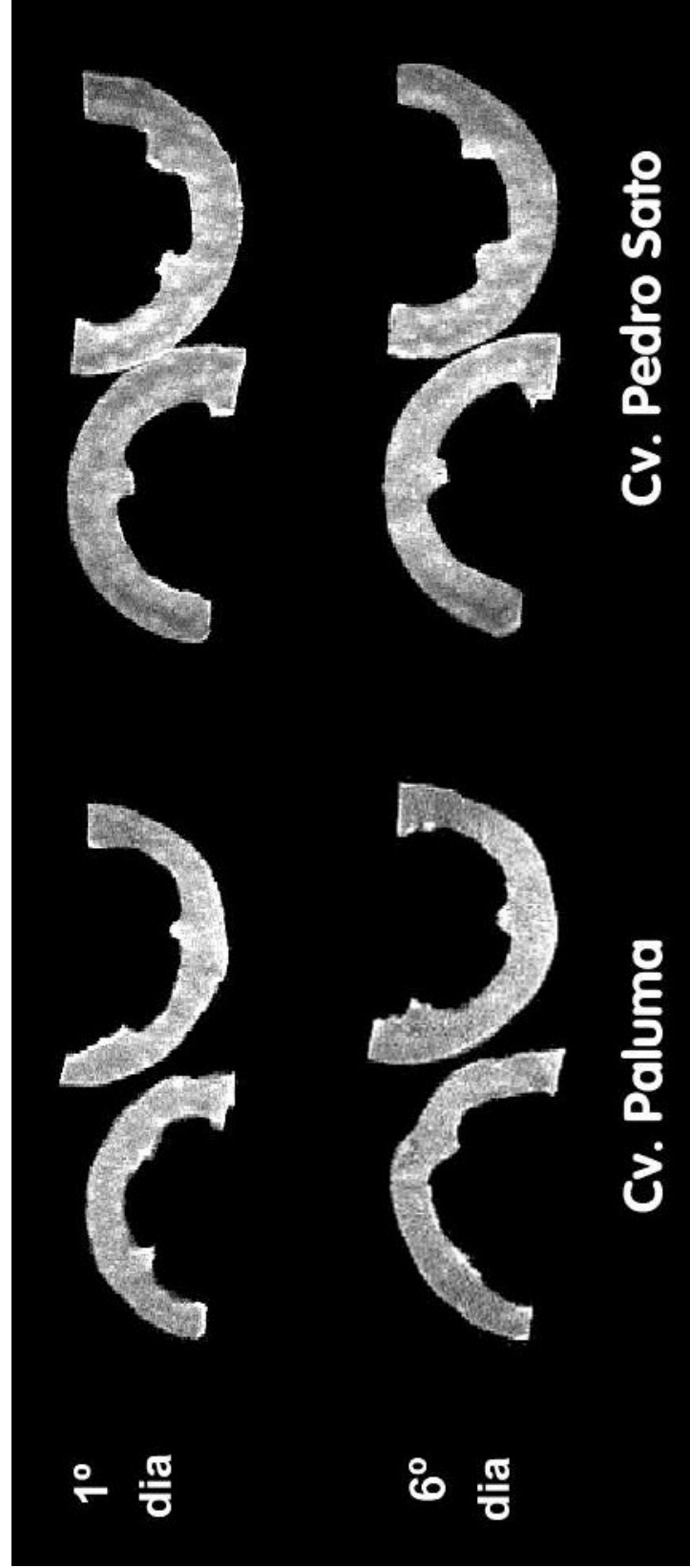


Figura 3. Tomogramas de ressonância magnética nuclear de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas.

CAPÍTULO 8 – IMPLICAÇÕES

A seqüência dos experimentos, cujos resultados foram apresentados após se ter vivenciado dificuldades, dúvidas e acertos, permitiu que se visualizasse as implicações relatadas a seguir.

O dano interno ou *internal bruising* em goiabas, causado principalmente pela injúria por impacto, deve merecer novos estudos como a análise de pigmentos e de enzimas, visando evitar e/ou controlar este problema, o qual não pode ser detectado visualmente.

A tomografia de ressonância nuclear magnética permite identificar a ocorrência desses danos internos, assim como a possibilidade de se determinar o estágio de maturação em goiabas, sem a destruição dos frutos. A operacionalização desta possibilidade seria a automatização, com a passagem das frutas através do tomógrafo utilizando-se uma esteira móvel. Contudo, a obtenção de imagens dos frutos em tempo real, apesar de prevista ainda não é possível, devido ao tempo despendido entre a aquisição dos dados e a obtenção das imagens, que está em torno de oito minutos. Este tempo deve ser reduzido a frações de segundos, o que viabilizaria a aplicação desta técnica em escala industrial.

A análise de pigmentos, bem como a determinação da atividade de enzimas como a poligalacturonase, polifenoloxidase e peroxidase, deveriam ser alvo de pesquisas futuras, a fim de que se possa contribuir para a elucidação do metabolismo das goiabas. Isto permitiria aumentar a conservação e a disponibilidade destas frutas nos mais diferentes locais, ou seja, aumentando sua importância mercadológica.

O consumo em ascensão da goiaba vermelha, cujo volume comercializado no ano de 1999 foi de 5.664 t, ao preço de até R\$ 0,50.kg⁻¹, na CEAGESP-SP, faz com que o processamento mínimo desta fruta seja muito interessante ao produtor, dada a possibilidade de agregação de valor, que pode chegar a 1000%.

O emprego de embalagens do tipo PET, conjugado ao uso da temperatura a 3 °C e ao sistema utilizado para desinfecção, que se utilizou de cloro livre, mostraram-se eficientes na conservação e manutenção dos produtos minimamente processados das goiabas. Entretanto, outras tecnologias devem ser geradas, que possibilitem o uso de novos sistemas de desinfecção, além da possibilidade de se utilizar filmes poliméricos ou “ativos” capazes de controlar a composição atmosférica ideal no interior das embalagens.

Observou-se condensação de água no interior das embalagens, o que exige a realização de trabalhos em que se teste sistemas mais eficientes para refrigerar e armazenar os produtos. Uma das possibilidades é a conjugação de atmosfera modificada com temperaturas superiores a 3 °C, possibilitando também minimizar os gastos com a manutenção da cadeia de frio durante o processo de produção e comercialização das goiabas minimamente processadas.

Há a necessidade do desenvolvimento de equipamentos que permitam descascar e retirar as sementes das goiabas em escala industrial, tornando real a automatização do processo.

APÊNDICE

Tabela 1. Análise de variância dos resultados relativos a coloração externa (L = luminosidade; h° = ângulo Hue; C = cromaticidade) de frutos de goiaba das cultivares Pedro Sato e Paluma, colhidos em dois estádios de maturação, submetidos a injúria mecânica por impacto e armazenados sob condições de ambiente ($23,6 \pm 2$ °C e 66 ± 8 %UR).

Causa de variação	Probabilidade > F		
	L	h°	C
Cultivar	0,1503	0,0016	0,0065
Estádio	0,0001	0,0001	0,0001
Fruto	0,0035	0,8391	0,0028
Cultivar * Estádio	0,2040	0,0466	0,0429
Cultivar * Fruto	0,1291	0,3888	0,1934
Estádio * Fruto	0,4189	0,5894	0,5993
Cultivar * Estádio * Fruto	0,5418	0,5972	0,9910
Dia	0,0001	0,0001	0,0001
Dia * Cultivar	0,0001	0,0001	0,0001
Dia * Estádio	0,0631	0,0001	0,0001
Dia * Fruto	0,0138	0,3997	0,741
Dia * Cultivar * Estádio	0,0001	0,0001	0,0001
Dia * Cultivar * Fruto	0,0727	0,8849	0,6244
Dia * Estádio * Fruto	0,7273	0,9136	0,1009
Dia * Cultivar * Estádio * Fruto	0,9121	0,9822	0,9680
C.V. da Parcela (%)	17,40	12,34	18,15
C.V. da Sub-parcela (%)	2,78	1,98	3,81
R^2	0,9626	0,9659	0,9342

Tabela 2. Análise de variância dos resultados relativos a análise química (AA = ácido ascórbico; SST = sólidos solúveis totais; ATT = acidez total titulável; relação SST/ATT) de frutos de goiaba das cultivares Pedro Sato e Paluma, colhidos em dois estádios de maturação, submetidos a injúria mecânica por impacto e armazenados sob condições de ambiente ($23,6 \pm 2$ °C e 66 ± 8 %UR).

Causa de variação	Probabilidade > F			
	AA	SST	ATT	SST/ATT
Cultivar	0,0001	0,0110	0,0001	0,0001
Estádio	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Fruto	0,0052	0,2640	0,0054	0,0064
Dia	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cultivar * Estádio	0,0001	0,0657	0,4249	0,0003
Cultivar * Fruto	0,0057	0,0004	0,0064	0,0038
Cultivar * Dia	0,0001	0,0059	0,0177	0,0799
Estádio * Fruto	0,0219	0,0330	0,2298	0,0406
Estádio * Dia	0,2059	0,0001	0,0156	0,0666
Fruto * Dia	0,1347	0,0121	0,0001	0,0001
Cultivar * Estádio * Dia	0,8737	0,0110	0,6225	0,0312
Cultivar * Fruto * Dia	0,0305	0,4013	0,0061	0,0001
Estádio * Fruto * Dia	0,0006	0,1300	0,1972	0,0003
Cultivar * Estádio * Fruto	0,1108	0,7762	0,2180	0,3307
Cultivar * Estádio * Fruto * Dia	0,7613	0,2270	0,3528	0,9968
C.V. (%)	8,82	3,65	7,21	6,17
R ²	0,8499	0,8279	0,9370	0,9449

Tabela 3. Análise de variância dos resultados de coloração externa (L = luminosidade; h° = ângulo Hue ou de cor; C = cromaticidade) dos frutos de duas cultivares de goiabeira quando submetidas a injúrias mecânicas de impacto, compressão e corte, e armazenados sob condições de ambiente ($23,4 \pm 1^\circ\text{C}$, $62 \pm 6\% \text{UR}$).

Causa de variação	Probabilidade > F											
	Impacto			Compressão			Corte					
	L	h°	C	L	h°	C	L	h°	C			
Cultivar	0,4717	0,0001	0,0026	0,0001	0,0001	0,0001	0,0018	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Fruto	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0009	0,0001	0,0024	0,0007	0,0007	0,0223	0,0223	
Cultivar * Fruto	0,0001	0,0895	0,0001	0,1217	0,0652	0,0001	0,7820	0,8250	0,8250	0,3680	0,3680	
Tempo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Cultivar * Tempo	0,0185	0,0001	0,0388	0,0014	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	
Fruto * Tempo	0,2264	0,7132	0,9277	0,9767	0,8525	0,7568	0,6988	0,8100	0,8100	0,9741	0,9741	
Cultivar * Fruto * Tempo	0,1400	0,6591	0,6290	0,9762	0,9384	0,9542	0,9983	0,8384	0,8384	0,3802	0,3802	
C.V. da Parcela (%)	14,73	12,27	11,93	13,87	11,84	12,65	10,59	6,14	6,14	9,55	9,55	
C.V. da Sub-parcela (%)	2,91	1,83	4,32	2,57	2,00	3,21	3,20	1,93	1,93	4,05	4,05	
R^2	0,9232	0,9687	0,7974	0,9188	0,9769	0,8565	0,8880	0,9733	0,9733	0,7934	0,7934	

Tabela 4. Análise de variância dos resultados de atividade respiratória ($\text{mg de CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) dos frutos das cultivares de goiabeira ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, quando submetidos a injúrias mecânicas por impacto, compressão e corte, e armazenados sob condições de ambiente ($23,4 \pm 1$ °C, 62 ± 6 %UR).

Causa de variação	Probabilidade > F		
	Impacto	Compressão	Corte
Cultivar	0,0112	0,0001	0,0001
Fruto	0,0001	0,0001	0,0001
Cultivar * Fruto	0,6026	0,0307	0,3719
Tempo	0,0001	0,0001	0,0001
Cultivar * Tempo	0,0064	0,0001	0,0001
Fruto * Tempo	0,6331	0,7258	0,0001
Cultivar * Fruto * Tempo	0,9307	0,1686	0,9764
C.V. da Parcela (%)	11,61	28,82	17,48
C.V. da Sub-parcela (%)	10,27	4,34	7,91
R ²	0,9001	0,9831	0,9602

Tabela 5. Análise de variância dos resultados dos conteúdos de sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores (AR), acidez total titulável (ATT) e ácido ascórbico (AA) dos frutos das cultivares de goiabeira ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, quando submetidos a injúrias mecânicas por impacto, e armazenados sob condições de ambiente ($23,4 \pm 1$ °C, 62 ± 6 %UR).

Causa de variação	Probabilidade > F			
	SST	AR	ATT	AA
Cultivar	0,9942	0,0001	0,0001	0,0113
Fruto	0,0014	0,0012	0,0001	0,0057
Tempo	0,1944	0,0001	0,0001	0,0001
Cultivar * Fruto	0,5795	0,6402	0,1494	0,1975
Cultivar * Tempo	0,2214	0,5120	0,7194	0,0110
Fruto * Tempo	0,2070	0,2164	0,2719	0,0622
Cultivar * Fruto * Tempo	0,7068	0,5381	0,0021	0,0240
C.V. (%)	5,46	6,67	4,70	7,80
R ²	0,6667	0,8940	0,9694	0,8956

Tabela 6. Análise de variância dos resultados dos conteúdos de sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores (AR), acidez total titulável (ATT) e ácido ascórbico (AA) dos frutos das cultivares de goiabeira 'Paluma' e 'Pedro Sato', quando submetidos a injúrias mecânicas por compressão, e armazenados sob condições de ambiente ($23,4 \pm 1$ °C, 62 ± 6 %UR).

Causa de variação	Probabilidade > F			
	SST	AR	ATT	AA
Cultivar	0,0001	0,0001	0,0001	0,1909
Fruto	0,0001	0,0210	0,0106	0,7975
Tempo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cultivar * Fruto	0,6951	0,6775	0,2723	0,0659
Cultivar * Tempo	0,0001	0,0049	0,5542	0,0134
Fruto * Tempo	0,0699	0,6129	0,8995	0,9958
Cultivar * Fruto * Tempo	0,0768	0,8677	0,5693	0,1952
C.V. (%)	2,83	8,74	5,80	10,86
R ²	0,9632	0,9106	0,9770	0,8312

Tabela 7. Análise de variância dos resultados dos conteúdos de sólidos solúveis totais (SST), açúcares redutores (AR), acidez total titulável (ATT) e ácido ascórbico (AA) dos frutos das cultivares de goiabeira ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, quando submetidos a injúrias mecânicas por corte, e armazenados sob condições de ambiente (23,4±1 °C, 62±6 %UR).

Causa de variação	Probabilidade > F			
	SST	AR	ATT	AA
Cultivar	0,0001	0,0282	0,0001	0,8973
Fruto	0,0005	0,0686	0,0262	0,0022
Tempo	0,3528	0,0629	0,0001	0,3457
Cultivar * Fruto	0,7255	0,5290	0,0245	0,2664
Cultivar * Tempo	0,6611	0,6028	0,0199	0,3402
Fruto * Tempo	0,1273	0,1875	0,8004	0,0377
Cultivar * Fruto * Tempo	0,9484	0,8670	0,8457	0,0814
C.V. (%)	5,82	17,66	3,22	9,23
R ²	0,8204	0,6280	0,9836	0,7173

Tabela 8. Análise de variância dos resultados relativos a evolução da perda da massa fresca acumulada (PMFA), conteúdo de O₂ e CO₂ e coloração externa (*L* = luminosidade; *h*^o = ângulo de cor; *C* = cromaticidade) em goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’ minimamente processadas e armazenadas a 3 °C.

Causa de variação	Probabilidade > F					
	PMFA	O ₂	CO ₂	L	h ^o	C
Cultivar	0,2534	0,0001	0,0060	0,0308	0,0004	0,3553
Tempo	0,0001	0,0001	0,0001	0,0007	0,0001	0,0001
Cultivar * Tempo	0,0082	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001
C.V. da Parcela (%)	83,32	6,03	101,01	20,44	63,06	40,05
C.V. da Sub-parcela (%)	17,00	3,41	34,33	1,32	4,07	3,11
R ²	0,9501	0,8720	0,7774	0,9708	0,9801	0,9518

Tabela 9. Análise de variância dos resultados relativos ao conteúdo de ácido ascórbico (AA), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, lignina (LIG) e porcentagem de solubilização das pectinas (PSP), bem como os parâmetros sensoriais de textura (TEX), sabor (SAB) e preferência (PREF) em goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato' minimamente processadas e armazenadas a 3 °C.

Causa de variação	Probabilidade > F									
	Análise química					Análise sensorial				
	AA	SST	ATT	SST/ATT	PSP	LIG	TEX	SAB	PREF	
Cultivar	0,0006	0,0009	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,5243	0,0637	
Tempo	0,0009	0,0011	0,9152	0,8193	0,0408	0,0469	0,0030	0,0611	0,0231	
Cultivar * Tempo	0,2010	0,0505	0,7681	0,7962	0,5689	0,1770	0,0039	0,0071	0,0203	
C.V. da Parcela (%)	21,18	3,99	2,08	6,16	3,11	16,24	20,43	30,97	33,85	
C.V. da Sub-parcela (%)	7,87	2,81	13,29	9,02	13,54	16,29	24,85	35,67	35,59	
R ²	0,9844	0,9441	0,9227	0,9400	0,7832	0,8112	0,3605	0,3282	0,3642	