

**MONITORAMENTO DE ALTERAÇÕES
FÍSICAS, QUÍMICAS E FISIOLÓGICAS
DURANTE O AMADURECIMENTO DE
GOIABAS cv “PEDRO SATO”**

JOSÉ RENATO DE ABREU

2010

JOSÉ RENATO DE ABREU

**MONITORAMENTO DE ALTERAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS E
FISIOLÓGICAS DURANTE O AMADURECIMENTO DE
GOIABAS cv “PEDRO SATO”**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agroquímica,
para obtenção do título de "Doutor".

Orientador

Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Abreu, José Renato de.

Monitoramento de alterações físicas, químicas e fisiológicas durante o amadurecimento de goiabas cv “Pedro Sato” / José Renato de Abreu. – Lavras : UFLA, 2010.

94 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.

Orientador: Custódio Donizete dos Santos.

Bibliografia.

1. *Psidium guajava* L. 2. Etileno. 3. Pectina. 4. Açúcar. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.4215

JOSÉ RENATO DE ABREU

**MONITORAMENTO DE ALTERAÇÕES FÍSICAS, QUÍMICAS E
FISIOLÓGICAS DURANTE O AMADURECIMENTO DE
GOIABAS cv “PEDRO SATO”**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agroquímica,
para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 28 de maio de 2010

| | |
|--|------|
| Profa. Dra. Angelita Duarte Corrêa | UFLA |
| Profa. Dra. Ana Carla Marques Pinheiro | UFLA |
| Profa. Dra. Silvana Marcussi | UFLA |
| Prof. Dr. Enio Nazaré de Oliveira Júnior | UFSJ |

Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

Aos meus pais,

ADEMAR CUSTÓDIO DE ABREU e CELESTE MARIA PATTO DE ABREU

Que são as pessoas em que me espelho e a base de tudo que faço na vida, que em meio a tantas dificuldades, tiveram amor, coragem, persistência e sabedoria, incentivando-me, sempre, para que eu seguisse em frente.

À minha filha,

MARIA VITÓRIA SANÁBIO PATTO DE ABREU

Que é o meu combustível e motivação para sempre tentar vencer, e poder lhe dar o melhor, assim como sempre tive de meus pais.

E à minha mulher,

ANA LUÍSA DE ABREU SANÁBIO

Por estar sempre ao meu lado.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Química, pela oportunidade para a realização do curso de doutorado.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos, pela orientação, confiança, incentivo e, principalmente, amizade durante todos esses anos.

Aos professores do curso, pelos ensinamentos e amizade.

A todos os professores que contribuíram de alguma maneira para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos colegas de curso, pelo incentivo, solidariedade e pelas trocas de experiências.

À técnica laboratorista do Departamento de Química, Maria Aparecida (Profª. XULITA), pelos auxílios, colaboração e ajuda na realização da tese, e principalmente, pela amizade.

À Miriam, secretária da pós-graduação, pela ajuda e amizade.

Aos meus dois irmãos, Ademar Custódio de Abreu Júnior e Henrique Patto de Abreu, pelo apoio, companheirismo e amizade.

A todos os meus amigos.

Enfim, a todos aqueles que colaboraram de alguma maneira para que esse trabalho fosse realizado.

E por fim, agradeço a Deus, por estar sempre ao meu lado, nas alegrias e nas tristezas, por me dar forças pra vencer e, principalmente, por ter me dado o maior presente da minha vida - minha linda filha Maria Vitória.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|---------------|
| LISTA DE TABELAS..... | i |
| LISTA DE FIGURAS..... | ii |
| LISTA DE SIGLAS..... | v |
| RESUMO GERAL..... | vi |
| GENERAL ABSTRACT..... | viii |
| CAPÍTULO 1..... | 1 |
| 1 Introdução Geral..... | 1 |
| 2 Referencial Teórico..... | 4 |
| 2.1 A goiabeira e seu fruto..... | 4 |
| 2.2 Vida de prateleira e atributos de qualidade do fruto..... | 7 |
| 2.2.1 Textura..... | 8 |
| 2.2.2 Sabor e aroma..... | 8 |
| 2.2.3 Acidez total titulável e pH..... | 9 |
| 2.2.4 Amido e açúcares solúveis..... | 9 |
| 2.2.5 Respiração e Etileno..... | 10 |
| 2.2.6 Substâncias Pécicas..... | 11 |
| 2.2.7 Enzimas da parede celular..... | 12 |
| 3 Referências Bibliográficas..... | 18 |
| CAPÍTULO 2: Fracionamento de açúcares e teor de pectina durante o amadurecimento de goiaba cv. Pedro Sato..... | 25 |
| 1 Resumo..... | 25 |
| 2 Abstract..... | 26 |
| 3 Introdução..... | 27 |
| 4 Material e Métodos..... | 30 |
| 4.1 Procedência e colheita dos frutos..... | 30 |

| | |
|---|----|
| 4.2 Composição Centesimal | 30 |
| 4.3 Fracionamento e quantificação dos carboidratos de parede celular | 31 |
| 4.4 Espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FT-IR) na fração Amido | 33 |
| 5 Resultados e Discussão | 34 |
| 6 Conclusão | 41 |
| 7 Referências Bibliográficas | 42 |
| CAPÍTULO 3: Padrão de amadurecimento de goiaba cv. “Pedro Sato” | 47 |
| 1 Resumo | 47 |
| 2 Abstract | 48 |
| 3 Introdução | 49 |
| 4 Material e Métodos | 52 |
| 4.1 Procedência e colheita dos frutos | 52 |
| 4.2 Delineamento experimental | 52 |
| 4.3 Análises físicas | 53 |
| 4.3.1 Coloração | 53 |
| 4.3.2 Firmeza | 53 |
| 4.4 Análises físico-químicas e químicas | 53 |
| 4.4.1 Sólidos solúveis totais (SST) | 53 |
| 4.4.2 Acidez total titulável (ATT) | 54 |
| 4.5 Etileno | 54 |
| 5 Resultados e Discussão | 56 |
| 6 Referências Bibliográficas | 66 |
| CAPÍTULO 4: Histoquímica e morfoanatomia em frutos de goiaba durante amadurecimento | 72 |
| 1 Resumo | 72 |
| 2 Abstract | 73 |
| 3 Introdução | 74 |

| | |
|---|----|
| 4 Material e Métodos | 77 |
| 4.1 Procedência e colheita dos frutos..... | 77 |
| 4.2 Preparo dos frutos | 77 |
| 4.3 Análise de firmeza | 77 |
| 4.4 Delineamento experimental | 78 |
| 4.5 Análises histoquímicas | 78 |
| 4.6 Preparo dos frutos para microscopia eletrônica de varredura (mev) | 78 |
| 5 Resultados e Discussão | 80 |
| 6 Conclusão | 89 |
| 7 Referências Bibliográficas | 90 |
| ANEXOS | 93 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|---|---------------|
| Capítulo 2 | |
| TABELA 1 Composição centesimal da goiaba cv. “Pedro Sato”, expressa na amostra integral..... | 35 |
| TABELA 2 Fracionamento e quantificação dos componentes da parede celular de goiaba cv. “Pedro Sato”, durante amadurecimento à temperatura ambiente..... | 37 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|---------------|
| Capítulo 2 | |
| FIGURA 1 Fracionamento dos carboidratos de parede celular | 31 |
| FIGURA 2 Caracterização espectroscópicas FT-IR das substâncias pécticas. (A) padrão ácido galacturônico. (B) fração “amido”. (C) pectina de maçã. (D) pectina comercial..... | 38 |
| FIGURA 3 Curva padrão de ácido galacturônico com carbazol (▲) e de glicose com carbazol (■)..... | 40 |
| FIGURA 4 Curva padrão de glicose com antrona (▲) e de ácido galacturônico com antrona (■)..... | 40 |
| Capítulo 3 | |
| FIGURA 1 Produção de etileno de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante nove dias de armazenamento em condições ambientais..... | 57 |
| FIGURA 2 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de hue da casca (▲) e etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante oito dias de armazenamento sob condições ambientais..... | 59 |
| FIGURA 3 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de hue da polpa (▲) e etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante oito dias de armazenamento sob condições ambientais..... | 59 |
| FIGURA 4 Variação da firmeza (▲) e do etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante armazenamento em condições ambientais..... | 61 |

| | | |
|------------|---|----|
| FIGURA 5 | Teores médios de sólidos solúveis totais (▲), curva e equação de regressão representativas dos valores de etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante armazenamento em condições ambientais..... | 62 |
| FIGURA 6 | Acidez total titulável (▲) e produção de etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante armazenamento em condições ambientais..... | 64 |
| Capítulo 4 | | |
| FIGURA 1 | Curva e equação de regressão representativa dos valores de firmeza de goiabas cv “Pedro Sato”, durante oito dias de armazenamento sob condições ambientais..... | 82 |
| FIGURA 2 | Eletromicrografias de varredura (A-I) em mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato”, evidenciando as células ao longo do amadurecimento. (A) por ocasião da colheita, células com formato inicial “de colmeia”. (B) início de degradação das paredes celulares. (C) evidencia a perda de formato inicial “de colmeia” progredindo. (D) alta perda de firmeza e células sem forma. (E-H) agravamento de perda de firmeza, conteúdo citoplasmático extravasado. (I) células alteram seu metabolismo de aeróbico para anaeróbico, processo de degradação da polpa. As barras representam 200 μm..... | 83 |
| FIGURA 3 | Fotomicrografias de secções transversais de mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato” evidenciando agrupamentos de esclereídeos (braquiesclereídeos ou células pétreas) corados com diferentes reagentes histoquímicos. (A) Secção transversal evidenciando agrupamentos de | |

- esclerídeos (→) e células parenquimáticas (→) corados histologicamente com lugol (B) Detalhe do agrupamento de esclerídeos corados com lugol (→) e células parenquimáticas isodiamétricas (→). (C e D) Agrupamentos de esclerídeos de formatos variados corados com lugol e (E) corado com cloreto férrico III. (F, G, H e I), evidenciando grande quantidade de agrupamentos de esclerídeos no mesocarpo do fruto. (F e I) corados com Comassie Blue. (G) corado com Vanilina ácida. (H) corado com lugol. As barras representam 50 µm..... 85
- FIGURA 4 Fotomicrografias de secções transversais de mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato”, evidenciando vasos condutores corados histologicamente com lugol (A e B) e vanilina ácida(C e D). (→) vasos condutores. (→) agrupamento de esclerídeos. As barras (A-C) representam 50 µm e a barra (D) representa 100 µm..... 86
- FIGURA 5 Fotomicrografias (A-I) de secções transversais de mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato”, evidenciando o processo de perda de firmeza, degradação e solubilização das pectinas, coradas histologicamente com vermelho de rutênio. (A e B), evidenciando grande quantidade de pectina na parede celular (→) . (C-E) pectina migrando da parede (→) para o interior da célula (→). (F-I) pectina no interior da célula (→), praticamente sem reação colorimétrica com a parede celular. As barras representam 50 µm..... 88

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------|---|
| PG | poligalacturonase |
| PME | polimetilgalacturonase |
| SST | sólidos solúveis totais |
| ATT | acidez total titulável |
| ENN | extrato não nitrogenado |
| SOB | sobrenadante |
| SED | sedimento |
| QM | quadrado médio |
| FV | fonte de variação |
| GL | graus de liberdade |
| CV | coeficiente de variação |
| FT-IR | espectroscopia de absorção na região do infravermelho |
| MEV | microscópio eletrônico de varredura |

RESUMO GERAL

ABREU, José Renato de. **Monitoramento de alterações físicas, químicas e fisiológicas durante o amadurecimento de goiabas cv “Pedro Sato”**. 2010. 94p. Tese (Doutorado em Agroquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.¹

No Brasil, a cultura da goiaba (*Psidium guajava* L.) apresenta grande importância socioeconômica, dadas as suas amplas e variadas formas de utilização. Entre as frutas tradicionais, destaca-se pelo seu valor nutritivo e pela grande aceitação para o consumo “*in natura*” ou na forma processada, além de ser considerada uma das mais completas e equilibradas frutas no que diz respeito ao valor nutritivo, contendo alto teor de vitamina C, quantidades razoáveis de pró-vitamina A, vitaminas do complexo B e sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro. Altamente perecível, devido ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, a goiaba tem vida útil muito curta, que pode chegar de 3 até 5 dias sob temperatura ambiente. As informações sobre os processos metabólicos e teores de componentes estruturais durante o amadurecimento são bem contraditórias e não claramente definidas. Assim, objetivou-se monitorar as mudanças ocorridas no fruto durante o amadurecimento, com a finalidade de tentar explicar a rápida diminuição da firmeza. Foram colhidas goiabas no estágio “de vez” e armazenadas por 9 dias a uma temperatura de $22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $78\% \pm 1\%$. As análises realizadas no dia da colheita (dia 0) e a cada dia do armazenamento (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 dias) foram: firmeza, análises histoquímicas (com cloreto férrico para identificação de compostos fenólicos gerais, lugol para identificação de amido, comassie blue para identificação de proteínas, vanilina clorídrica para identificação de taninos e vermelho de rutênio para identificação de pectinas), observadas em microscópio ótico, análise em microscópio eletrônico de varredura, coloração da casca e polpa, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), produção de etileno e fracionamento dos açúcares. Outras análises foram realizadas para confirmação e comparação de resultados, como: análise da composição centesimal em um lote de goiabas com diferentes estágios de maturação (verde, intermediária, madura e muito madura) e espectrometria de absorção na região do infravermelho da fração denominada erroneamente de “amido”. Os resultados mostraram que os teores de açúcares, sólidos solúveis totais e a acidez total titulável aparentemente não variaram durante o amadurecimento; a coloração da casca teve grande alteração, convertendo-se de verde para amarelo; e a firmeza

¹ Orientador: Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos – UFLA.

dos frutos diminuiu bruscamente nos três primeiros dias, mostrando que os parâmetros analisados não coincidem com o aumento na produção de etileno, cuja produção acentuada ocorre a partir do quarto dia, permanecendo essa elevação até o nono dia, sem apresentar um pico de produção, assim, a goiaba é um fruto que apresenta características peculiares de amadurecimento, e também características de frutos climatéricos e de frutos não climatéricos. Constatou-se, por espectrometria de absorção na região do infravermelho, que a fração denominada de “amido” era, na verdade, pectina. As análises histoquímicas mostraram grande quantidade de pectina na parede celular, superior aos teores citados na literatura, e um comportamento de migração dessa pectina para a região central da célula com o decorrer do amadurecimento, mostrando que esse polímero pode ser grande responsável pela firmeza dos frutos.

GENERAL ABSTRACT

ABREU, José Renato de. **Monitoring of physical, chemical and physiological alterations during the ripening of guavas cv “Pedro Sato”** 2010. 94 p. Thesis (Doctorate in Agrochemistry) – Federal University of Lavras, Lavras, MG.²

In Brazil, the guava culture has great socioeconomic importance, given its wide and varied utilization forms. Among the traditional fruits, it stands out for its nutritional value and for high acceptance for “in natura” consumption or in the processed form, besides being one of the most complete and balanced fruits in terms of nutritional value, containing a high vitamin C level, reasonable amounts of provitamin A, B complex vitamins and mineral salts such as calcium, phosphorus and iron. Highly perishable, due to its intense metabolism during ripening, the guava has a very short shelf life, that can reach from 3 to 5 days under room temperature. The information on the metabolic processes and structural component levels during ripening are very contradictory and not clearly defined. As such, the object was to monitor the changes occurring in the fruit during ripening with the purpose of trying to explain the rapid decrease of firmness. The guavas were picked at the “semi-mature” stage and stored for 9 days at a temperature of $22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and RH of $78\% \pm 1\%$. The analyses conducted on the crop harvest day (0) and each day of storage (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 days) were: firmness, histochemical analyses (with ferric chloride for identification of general phenolic compounds, lugol for starch identification, coomassie blue for protein identification, vanillin hydrochloric for tannin identification and ruthenium red for pectin identification) observed in an optic microscope, scanning electron microscope analysis, peel and pulp coloration, total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA), ethylene production and fraction of sugars. Other analyses were conducted for confirmation and comparison of results, such as: centesimal composition analysis in a batch of guavas at different maturation stages (green, intermediate, ripe and very ripe) and infrared absorption spectrometry of the fraction erroneously called “starch.” The results showed that the levels of sugars, total soluble solids and the total titratable acidity apparently did not vary during the ripening, the coloration of the peel had a large alteration, changing from green to yellow and the fruit firmness decreased abruptly over the first three days, showing that the analyzed parameters do not coincide with the increase in the ethylene production, whose accentuated production occurs starting from the fourth day, remaining until the

² Advisor: Prof. Dr. Custódio Donizete dos Santos – UFLA.

ninth day, without presenting a production peak, thus, the guava is a fruit that presents peculiar ripening characteristics, and also characteristics of climacteric and non-climacteric fruits. By infrared absorption spectrometry it was confirmed that the so-called “starch” fraction was actually pectin. The histochemical analyses showed a large amount of pectin in the cell wall, superior to the levels mentioned in the literature, and a migration behavior of this pectin to the central area of the cell during the ripening, showing that this polymer could be largely responsible for the firmness of the fruits.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é um arbusto ou árvore pequena (2 a 7 metros de altura), nativa de regiões tropicais das Américas e cultivada no Brasil desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão. Os Estados de São Paulo e Pernambuco destacam-se como os maiores produtores.

Apesar de grande produtor de goiaba, o Brasil é exportador inexpressivo de goiaba *in natura*, em decorrência, principalmente, da alta perecibilidade pós-colheita do fruto. Tal fato exige exportação apenas via aérea, o que resulta em alto custo operacional, fazendo com que a produção dependa quase exclusivamente do mercado interno.

A expansão do mercado consumidor de goiaba *in natura* está condicionada à qualidade dos frutos e ao aumento da vida útil pós-colheita. Altamente perecível, devido ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, a goiaba tem vida útil que pode chegar até 5 dias sob temperatura ambiente de 23°C a 25 °C.

A qualidade da goiaba para o consumo *in natura* está relacionada com seus atributos físicos (aparência, tamanho, forma, coloração e firmeza) e composição química, responsável pelo sabor e aroma. Essas características são influenciadas pela variedade, estágio de maturação, condições climáticas do local de cultivo e práticas culturais.

Diversos tratamentos pós-colheita têm sido testados em goiabas e, embora muitos desses tratamentos sejam eficientes em retardar a maturação e conservar a qualidade dos frutos, alguns interferem nas características sensoriais

do fruto e outros estendem a vida útil de forma economicamente inexpressiva, ou deixam resíduos químicos.

Os efeitos do cálcio nos frutos têm sido reportados; aplicações desse cátion produzem efeitos positivos na preservação da integridade e funcionalidade da parede celular, mantendo a consistência firme do fruto, melhor aparência, promovendo um amaciamento menos intenso e estendendo, assim, a vida pós-colheita da fruta. Outro tratamento utilizado para estender a vida pós-colheita é o uso de 1-metilciclopropeno (1-MCP), que é um composto volátil que tem demonstrado ser um potente inibidor da ação do etileno na célula. Esse produto liga-se preferencialmente ao sítio de ligação do etileno, inibindo seu estímulo fisiológico sobre o amadurecimento e prolongando a vida útil dos frutos.

Durante o amadurecimento de frutos, há inúmeras transformações químicas, principalmente relacionadas aos teores de carboidratos, ácidos orgânicos, compostos fenólicos e pectinas, transformações ocasionadas pela ação de enzimas específicas, podendo destacar a pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG), enzimas capazes de degradar as substâncias pécnicas, encontradas na parede celular e na lamela média das células do parênquima de diversos frutos e hortaliças.

Em goiaba, as informações sobre a atividade dessas enzimas são bem contraditórias, havendo relatos tanto de aumento da atividade enzimática quanto de diminuição.

Os mecanismos que controlam o amadurecimento de goiaba não têm sido claramente definidos. Os enfoques das pesquisas estão relacionados aos atributos físicos (principalmente firmeza) e à composição química (açúcares e ácidos orgânicos), responsáveis pelo aroma.

Considerando que a maioria dos tratamentos pós-colheita este a vida útil da fruta de forma economicamente inexpressiva, os estudos sobre os

mecanismos que controlam o processo de amadurecimento de goiaba são importantes e podem fornecer base científica para a pesquisa que utiliza a engenharia genética.

A ausência de qualquer relação entre as principais enzimas de degradação da parede celular e o amadurecimento de frutos de goiabeira não exclui mudanças nos pesos moleculares dos polímeros de parede celular e rearranjos estruturais, como mecanismos que regulam o amolecimento do fruto.

Os métodos histoquímicos baseiam-se em reações cromáticas utilizadas no reconhecimento da natureza química das membranas e do conteúdo celular. São métodos de análise qualitativa e quantitativa de todos os componentes celulares, incluindo proteínas, carboidratos, lipídios e elementos iônicos que ocorrem no meio celular. Esses métodos combinam várias técnicas de microscopia e fotomicroscopia, apoiados em metodologia especial que valoriza a presença, bem como o sítio ativo das substâncias químicas ou grupos de compostos do metabolismo nas plantas.

Portanto, neste trabalho objetivou-se monitorar as mudanças ocorridas no fruto durante o amadurecimento, com a finalidade de buscar explicação para a rápida diminuição da firmeza.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A goiabeira e seu fruto

O Brasil é o maior produtor mundial de goiabas vermelhas; em 2003, a área ocupada com a cultura da goiabeira foi de 17.776 hectares, com uma produção de 328.747 toneladas (Instituto Brasileiro de Geografia e estatística - IBGE, 2008). Dessa produção, 56% destinaram-se às indústrias e 44%, ao mercado de fruta “*in natura*”; a exportação é da ordem de 700 toneladas de produtos derivados da goiaba (Mendonça et al., 2007).

Segundo dados do IBGE, o Brasil produziu, em 2006, 328.255 toneladas de goiaba, e essa produção concentrou-se, principalmente, nas Regiões Sudeste e Nordeste, sendo os Estados de São Paulo e Pernambuco os maiores produtores. Minas Gerais produziu 9.763 toneladas de goiaba, ocupando a sexta posição na produção nacional. A Região Norte de Minas destacou-se em primeiro lugar na produção de goiaba e a Zona da Mata Mineira em segundo lugar, com 2.868 toneladas.

A goiabeira pertence ao gênero *Psidium*, da família *Myrtaceae*, que é composta por mais de 70 gêneros e 2.800 espécies (Souza et al., 2003). Nativa de regiões tropicais e subtropicais das Américas, a goiabeira é cultivada no Brasil desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão; seu fruto tem apresentado largo consumo no Brasil, na forma *in natura* e industrializada (Pereira et al., 2003). A goiaba, quando comparada a outras frutas tropicais, destaca-se por suas excelentes qualidades nutricionais, pois apresenta elevados teores de vitamina A, B e C, além de suas excelentes propriedades sensoriais (Choudhury et al., 2001).

Produtora do fruto chamado goiaba, folhas obovadas, utilizadas como antidiarreicas e de que se extrai óleo essencial, suas flores são pequenas e brancas. Seu fruto é em forma de bagas verdes ou amarelas, com polpa

aromática, branca, rósea, avermelhada ou arroxeadada, sendo muito consumidas *in natura* ou em compotas, doces, sorvetes e geleias. Também é conhecida pelos nomes de araçá-guaçu, araçaiá, araçá-mirim, araçauaçu, goiaba, goiabeira-branca, goiabeira-vermelha, guaiaba, guaiava, guava, guiba, mepera e pereira. É conhecida por ter muita vitamina C, apresentando a goiaba vermelha níveis dessa vitamina de 4 a 5 vezes superiores aos da laranja, possuindo também quantidades razoáveis de vitaminas A e do complexo B, além de sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro. (Colégio São Francisco, 2010).

No Brasil, que é o maior produtor mundial de goiabas vermelhas, são produzidas frutas para a indústria (variedades "paluma" e "rica", entre outras) e para consumo *in natura* (variedades "sassaoka" e "pedro sato", entre outras), com a maior parte da produção concentrada no estado de São Paulo e no entorno do rio São Francisco (Nordeste), na região das cidades de Petrolina/PE e Juazeiro/BA. (Goiabeira, 2007).

A goiaba (*Psidium guajava* L.) ocupa lugar expressivo no contexto da fruticultura brasileira, com produção média entre os anos de 2005, 2006 e 2007 de aproximadamente 327 mil toneladas. A comercialização da fruta para consumo ocorre durante o ano todo (Agrianual, 2005; IBGE, 2008).

A produção paulista representa 60% da produção nacional. O estado possui mais de um milhão de pés de goiaba, que ocupam 2,7 mil hectares, produzindo 190 mil toneladas ano e empregando 3.812 pessoas. Os principais municípios produtores são Mirandópolis (32%) e Valinhos (16%). Maior produtor e consumidor, o estado de São Paulo é o centro de origem (95%) e destino (77%) das 4,3 mil toneladas de goiaba recebidas anualmente pela Ceagesp. (Hortibrasil, 2010).

Em um trabalho publicado em 2004 por Xisto e colaboradores, foi afirmado que a goiaba é um fruto climatérico devido às altas taxas de respiração observadas e uma vida útil muito curta após a colheita, resultado da perda de

firmeza da polpa, o que limita o período de transporte e armazenamento. Esse é um aspecto que dificulta ou até mesmo impossibilita o envio de frutos a mercados consumidores distantes.

A goiaba é uma fruta que apresenta rápido amadurecimento após a colheita, sendo altamente perecível. Sua vida de prateleira pode variar entre 2 a 5 dias sob condição ambiente (Carvalho, 1994; Durigan, 1997; Gonatti Netto et al., 1996). Os principais fatores depreciadores da qualidade pós-colheita de goiabas são a rápida perda da coloração verde da casca (Jacomino et al., 2000) e a elevada incidência de podridões (Ali & Lazan, 1997), além de murchamento, perda de brilho e do amolecimento excessivo (Basseto, 2002).

O amadurecimento é considerado como o aprimoramento do conjunto de processos que ocorrem desde os últimos estádios de desenvolvimento, até as etapas iniciais da senescência, resultando em características de estética e de qualidade para o fruto (Chitarra & Chitarra, 2005). Nessa fase, há um aprimoramento das características sensoriais, ou seja, sabores e odores específicos desenvolvem-se em conjunto com o aumento da doçura, com a redução da acidez e da adstringência, tornando o fruto mais macio e mais colorido, em decorrência da degradação da clorofila e do desenvolvimento acentuado de pigmentos carotenoides e/ou flavonoides, portanto, o amadurecimento corresponde basicamente às mudanças nos fatores sensoriais: sabor, odor, cor e textura, que tornam o fruto aceitável para o consumo.

No amadurecimento, ocorrem reações de síntese e de degradação; nas reações de degradação, a energia liberada é utilizada para várias atividades fisiológicas e para a manutenção da integridade celular. Uma grande demanda de energia ocorre no fruto durante o processo de amadurecimento, incluindo síntese proteica, síntese de etileno e compostos aromáticos, entre outros, e a interação de mecanismos pelos quais essas mudanças são coordenadas ainda não é bem conhecida (Chitarra & Chitarra, 2005).

Durante a maturação e o amadurecimento, observa-se o máximo acúmulo e/ou bioconversão de compostos orgânicos, com destaque para carboidratos, pigmentos, flavonoides, vitaminas e compostos voláteis. Já os lipídeos e as proteínas não apresentam grandes variações quantitativas durante a maturação. No caso das proteínas, as alterações são majoritariamente de ordem qualitativa, tendo em vista a elevada intensidade de síntese e degradação de enzimas envolvidas na respiração, na síntese de hormônios e no metabolismo secundário, com os respectivos processos regulatórios. Por isso, na origem desses eventos, há uma significativa variação na expressão gênica, ou seja, vários genes têm sua transcrição e/ou tradução reduzidas ou suprimidas, e em outros casos, intensificadas. Daí a importância das pesquisas que empregam a proteômica, o transcriptoma, e a metaboloma como estratégias de estudo do processo de maturação (Schena et al., 1995; Bachem et al., 1996; Gallardo et al., 2003; Sarry et al., 2004; Saravanan & Rose, 2004.).

2.2 Vida de prateleira e atributos de qualidade do fruto

Diversos tratamentos pós-colheita têm sido testados em goiabas para aumentar a vida de prateleira do fruto, como o uso de absorvedores de etileno (Ahlawat et al., 1980), aplicações de cálcio (Sing et al., 1981; Lima, 2004; Xisto et al., 2004; Linhares et al., 2007), ceras (Ojeda, 2001; Jacomino, 2003), reguladores de crescimento (Saha, 1971), fungicidas (Ojeda, 2001; Castro & Sigrist, 1991), termoterapia (Yusof & Hashim, 1992), atmosfera modificada (Jacomino et al., 2000), tratamento com 1-metilciclopropeno (Lima, 2004; Basseto et al., 2005; Linhares, et al., 2007) e tratamento com irradiação gama (Oliveira et al., 2006), dentre outros. Embora muitos desses tratamentos sejam eficientes em retardar a maturação e conservar a qualidade dos frutos, alguns interferem nas características sensoriais do fruto. Outros estendem a vida útil de

forma economicamente inexpressiva, que é o caso da maioria dos tratamentos citados anteriormente, ou deixam resíduos químicos (Basseto, 2002).

As características externas de qualidade, percebidas pelo tato e pela visão, são importantes na diferenciação do produto, particularmente na decisão de compra. As características internas percebidas pelo sabor, aroma e sensação de textura ao paladar, combinadas com a aparência do produto, são importantes para a aceitação do produto pelo consumidor (Chitarra & Chitarra, 2005).

2.2.1 Textura

A textura pode ser definida como o “conjunto de propriedades do alimento, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relaciona com a deformação, desintegração e fluxo do alimento, sob a aplicação de uma força”. É um dos atributos de qualidade mais importantes e relaciona-se com o “flavor”, porque a liberação de compostos presentes no fruto que são perceptíveis ao paladar são também relacionados com a estrutura do tecido. Em frutas, o amaciamento dos tecidos é um dos primeiros sinais de amadurecimento, sendo relacionado com mudanças na estrutura e no metabolismo do fruto. A firmeza está diretamente associada não só com a composição e estrutura das paredes celulares, como também com a manutenção da integridade. As enzimas hidrolíticas, como pectinametilesterase, poligalacturonase, celulase e outras glicanohidrolases e transglicosidases das paredes celulares atacam os carboidratos estruturais e são, em grande parte, responsáveis pela perda de firmeza dos tecidos dos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005).

2.2.2 Sabor e aroma

O sabor e o aroma são apreciados em conjunto e designados como “flavor”, porque essas características correlacionam-se e são consideradas como

atributo de qualidade único. O “flavor”, na realidade, é a percepção sutil e complexa da combinação entre sabor (doce, ácido, adstringente, amargo), odor (substâncias voláteis) e textura (firmeza, maciez, granulidade, etc.) (Chitarra & Chitarra, 2005).

O aroma envolve diminutas quantidades de substâncias voláteis, tais como éteres, aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, as quais experimentam mudanças à medida que os frutos se desenvolvem, amadurecem ou deterioram-se. O sabor é dado pela presença de certos constituintes solúveis e voláteis, como açúcares, sais e ácidos orgânicos, os quais, dependendo de sua concentração, oferecem uma sensação de doçura, salinidade, acidez ou amargor (Salunkhe et al., 1991).

2.2.3 Acidez total titulável e pH

Variações nos teores de acidez total titulável e pH durante o período de maturação contribuem para o desenvolvimento do sabor da goiaba. Durante o amadurecimento, os teores de ácidos orgânicos diminuem em decorrência do processo respiratório ou da conversão de açúcares, visto que nessa fase observa-se uma maior atividade metabólica. Os ácidos orgânicos constituem excelente reserva energética do fruto, por meio de sua oxidação no ciclo de Krebs (Chitarra & Chitarra, 2005).

2.2.4 Amido e açúcares solúveis

Um importante atributo associado à qualidade dos frutos é o sabor. O conteúdo e a composição de açúcares têm papel fundamental nesse atributo, sendo também indicadores do estágio de amadurecimento dos frutos.

O amadurecimento, em geral, conduz a uma maior doçura, devido ao aumento nos teores de açúcares simples decorrentes de processos biossintéticos ou degradativos dos polissacarídeos presentes no fruto. Entre os polissacarídeos

existentes nos frutos, destaca-se o amido, cuja degradação é uma das características mais flagrantes durante o processo de amadurecimento de frutos climatéricos.

2.2.5 Respiração e Etileno

Os frutos são geralmente divididos em dois grupos de acordo com seu padrão respiratório: climatéricos e não climatéricos.

A classificação dos frutos como climatéricos ou não climatérico é essencial para definir o ponto de colheita, técnicas de manipulação e de armazenamento que possam ser usadas para prolongar a vida pós-colheita (Archbold & Pomper, 2003).

Um fruto não climatérico não apresenta aumento da produção de etileno e da atividade respiratória durante o amadurecimento; elas não possuem a capacidade de amadurecer depois da colheita, não ficam mais doces ou melhoram o sabor, podem até ficar mais moles e mudar de cor, mas se forem colhidas azedas ou pouco doces, vão até o fim assim, elas só recebem da planta mãe o que se chama de açúcares simples e não conseguem transformar esses açúcares simples em amido e armazená-lo. Um fruto climatérico apresenta um aumento na taxa respiratória e produção de etileno após a colheita (pico climatérico) e pode amadurecer após a colheita (Chitarra & Chitarra, 2005).

O etileno (C_2H_4), que em condições normais de temperatura e pressão está na forma de gás, tem sua via de síntese bioquimicamente bem caracterizada desde 1984 (Yang & Hoffman, 1984).

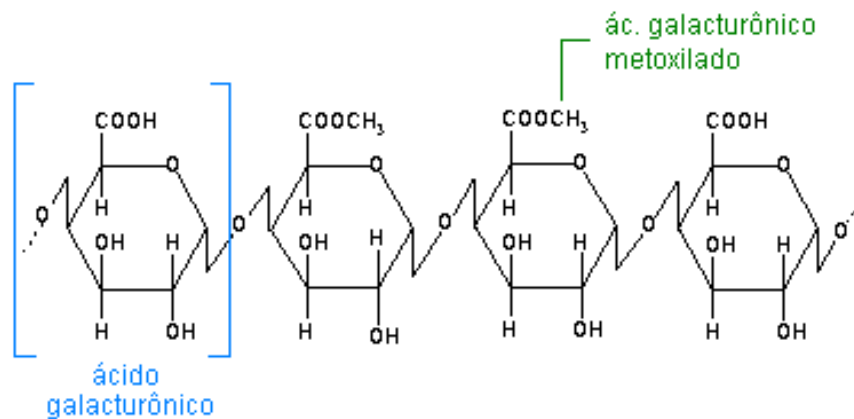
O etileno (C_2H_4), que em condições normais de temperatura e pressão está na forma de gás, está envolvido na aceleração do amadurecimento e senescência de frutos climatéricos. Em um determinado estágio da maturação, o etileno, presente nos espaços intercelulares, liga-se ao seu receptor localizado na

membrana celular e desencadeia uma série de eventos que culminam com o amadurecimento e senescência do fruto (Lelièvre et al., 1997).

As informações sobre o padrão respiratório de goiabas (*Psidium guajava* L.) são contraditórias. Alguns autores consideram a goiaba como um fruto não climatérico, por não apresentar aumento da produção de etileno e da atividade respiratória durante o amadurecimento (Biale & Barcus, 1970; Medina et al., 1988; Chitarra & Chitarra, 1990). Porém, para Akamine & Goo (1979), Brown & Wills (1983), Oliveira (1996), Mercado-Silva et al. (1998), Lima et al., (1998), Azzoline (2005), a goiaba é um fruto climatérico por apresentar um aumento na taxa respiratória e produção elevada de etileno após a colheita (pico climatérico), o que lhe confere alta perecibilidade sob condições ambientais.

2.2.6 Substâncias Pécicas

São heteropolissacarídeos complexos extraídos de plantas. Inicialmente, essas substâncias são encontradas na forma de protopectina, molécula insolúvel em água, importante no início do crescimento vegetal. A protopectina também é responsável pela rigidez do tecido; com o amadurecimento, a protopectina origina as substâncias pécicas propriamente ditas: ácido pectínico, ácido pécico ou pectinas. Todas essas substâncias são polímeros de ácido galacturônico, que diferem pela solubilidade em água e pelo grau de metoxilação (número de grupos $-CH_3$ esterificados na molécula). A estrutura geral das substâncias pécicas é a seguinte:



Assim, o ácido pécico é um polímero de ácido galacturônico que não apresenta metoxilação e que forma coloides em água, enquanto o ácido pectínico apresenta metoxilação em graus variados e pode ou não ser solúvel em água. Aos ácidos pectínicos solúveis em água dá-se o nome de pectinas; em algumas pectinas, alguns resíduos de monossacarídeos com galactose, arabinose e ramnose podem estar ligados aos monômeros de ácido galacturônico (Chitarra & Chitarra, 2005).

2.2.7 Enzimas da parede celular

Diferentes complexos enzimáticos atuam nas paredes celulares dos tecidos vegetais, tanto na fase de desenvolvimento como de amadurecimento, causando modificações nas propriedades texturais. No amadurecimento de frutas, o amaciamento dos tecidos é decorrente da ação de enzimas despolimerizantes, desmetoxilantes e hidrolíticas, como as enzimas pécicas, em conjunto com celulases, hemicelulases, β -galactosidases, entre outras. Entre elas, salientam-se as enzimas pécicas ou pectinolíticas, as quais catalisam a degradação de macromoléculas de pectinas constituídas por unidades de ácido galacturônico. As substâncias pécicas encontram-se, principalmente,

depositadas na parede celular, atuando como material cimentante, sendo responsáveis pelas mudanças de textura dos frutos (Chitarra & Chitarra, 2005).

São derivadas do ácido galacturônico e ocorrem na forma de pectinas, protopectina, ácidos pectínicos e ácidos pécticos. As substâncias pécticas, quimicamente, são complexos coloidais de polissacarídeos ácidos, com uma estrutura formada por resíduos de ácidos galacturônicos unidos por ligações α -1,4. Os grupos carboxilas dos ácidos galacturônicos são parcialmente esterificados por grupos metilas e parcialmente ou completamente neutralizados por íons sódio, potássio ou amônio (Kashyap et al., 2001).

De acordo com Cheftel & Cheftel (1992), denominam-se pectinas somente as cadeias poligalacturônicas 100% metiladas, e as cadeias poligalacturônicas com grau de metilação inferior a 100%, são denominadas ácidos pectínicos. O termo ácidos pécticos designa os ácidos galacturônicos isentos de metoxila. Na prática, emprega-se o termo pectinas tanto para ácidos pectínicos como para as pectinas propriamente ditas.

As mudanças aparentes no tamanho molecular dos polímeros da parede celular que acompanham o amadurecimento dos frutos implicam a ação de enzimas capazes de degradar componentes específicos da parede celular. A modificação da estrutura da parede celular, mediada por enzimas durante o amadurecimento de frutos, tem sido estudada em mangas (Ali et al., 1995), abacates (Hatfield & Nevins, 1986), cereja (Barret & Gonzales, 1994), mirtilo ou “blueberry” (Proctor & Miesle, 1991), além de outros frutos, como os de clima temperado ou não climatéricos.

Um grande número de enzimas tem participação na degradação biológica das substâncias pécticas, embora algumas não sejam estudadas. As enzimas pécticas ou pectinolíticas pertencem a dois grupos: desmetoxilantes e despolimerizantes (Chitarra & Chitarra, 2005). Entre elas, segundo Fonseca

(1974), as mais importantes e objetos de maiores estudos são as pectinametilesterases (PME) e as poligalacturonases (PG).

A pectinametilesterase (PME) é a enzima que catalisa a hidrólise de metil ésteres nas cadeias dos ácidos pectínicos e pectinas. Na atividade proposta, uma cadeia de ácido pectínico foi totalmente desesterificada por meio de hidrólise da ligação éster catalisada pela pectinametilesterase, tendo como produtos da reação o ácido poligalacturônico e o metanol. A PME é altamente específica para ésteres e metil ésteres, quando esses ocorrem na pectina, não hidrolisando esses radicais em cadeias curtas de galacturonanas. A enzima é ativada por cátions divalentes ou monovalentes em altas concentrações e sua faixa ótima de pH varia de 5 a 8, dependendo da concentração de cátions (Pressey, 1977).

A pectinametilesterase (PME) prepara o substrato para a ação da poligalacturonase (PG). A PME catalisa a desmetilação do C6 do grupo carboxílico dos resíduos de galacturosil, desesterificando-o. Assim, a PG somente catalisa a hidrólise das ligações α -1,4 de ácido poligalacturônico, quando desesterificado (Assis et al., 2001).

Segundo Chitarra & Chitarra (2005), a pectinesterase, pectinametilesterase (PME) ou pectase atua removendo grupos metoxílicos (OCH_3) das substâncias pecticas, reduzindo o seu grau de metoxilação, liberando metanol e íons hidrogênio (H^+). A pectina com baixo grau de metoxilação é, então, complexada com o cálcio, formando pectato de cálcio (insolúvel) ou despolimerizada por hidrolases e liases. As liases rompem ligações glicosídicas entre resíduos de ácidos galacturônicos de alta metoxilação, como a pectina liase, ou sobre o substrato desmetoxilado, como a pectato-liase ou poligalacturonato-liase. Atuam sobre as ligações a partir da extremidade não redutora da molécula (Exo-pectato liase) ou sobre ligações internas (Endo-pectato liase), liberando oligogalacturonídeos, e como hidrolases, têm-se as

poligalacturonases (PG), que atuam de forma aleatória sobre as ligações glicosídicas internas, liberando resíduos de ácido galacturônico, e as exopoligalacturonases, que atuam hidrolisando as ligações glicosídicas sucessivas do ácido poligalacturônico, liberando monômeros a partir da extremidade não redutora da molécula ou liberando ácidos digalacturônicos.

A poligalacturonase (PG) tem sido estudada por muitos autores pelo fato de ser considerada a principal responsável pela modificação de textura dos frutos, em virtude de sua distribuição universal e atuação associada ao momento do amadurecimento (Huber, 1983). A solubilização da pectina associada ao momento do amadurecimento do fruto é comumente atribuída à hidrólise das ligações glicosídicas nos ácidos pécticos, catalisada pela PG (Pressey & Avants, 1982). Essas enzimas podem ser de dois tipos: exoPG e endoPG e ambas hidrolisam as ligações glicosídicas α -1,4 nos ácidos pécticos. A diferença é que a exoPG promove a hidrólise das ligações glicosídicas de forma sequencial, a partir da extremidade redutora, formando monômeros de ácido galacturônico, ao passo que a endoPG promove a hidrólise ao acaso em qualquer ligação glicosídica que não esteja associada à extremidade não redutora, formando monômeros e oligômeros de ácidos galacturônicos (Kashyap et al., 2001).

O aumento da atividade das hidrolases da parede celular é indicativo do amaciamento dos tecidos e do avanço no grau de amadurecimento em frutas climatéricas. Em goiaba não se encontra atividade de PG (Linhares et al., 2007), então como explicar o rápido amaciamento dos tecidos do fruto?

Em goiaba, a atividade dessas duas enzimas (PME e PG) é bastante contraditória, havendo relatos tanto de aumento da atividade enzimática quanto de diminuição e também ausência de PG. Linhares et al., (2007), avaliando as transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “Pedro Sato” tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno, armazenadas sob refrigeração, observaram o aumento da atividade de PME com o decorrer do

amadurecimento nos frutos-controle, o mesmo observado por Xisto et al. (2004), avaliando conservação pós-colheita de goiaba “Pedro Sato” com aplicação de cloreto de cálcio em condições ambientais, e por Carvalho (1999), estudando goiabas “Kumagai” armazenadas sob refrigeração e também Carvalho et al. (2001), que estudando os componentes da parede celular de goiabas Kumagai, observaram que, com a evolução da maturação, houve, em geral, aumento na atividade da PME.

A diminuição na atividade da PME em polpa de goiaba “Pedro Sato” durante o período de armazenamento à temperatura ambiente foi observada por Lima (2004) e por EL-Zoghbi (1994), que também detectaram decréscimo na atividade da PME durante o amadurecimento de frutos colhidos em diferentes estádios de maturação. O mesmo acontece com a enzima poligalacturonases (PG), havendo relatos de aumento e também diminuição de atividade enzimática com o decorrer do amadurecimento de goiaba (Lima, 2004; Xisto et al., 2004). Visto essas contradições, então como explicar a alta rapidez no amadurecimento da goiaba?

Esse comportamento contraditório também é observado em outras frutas, como, por exemplo, melão reticulado ‘Perlita’, quando Lester & Dunlap (1985) observaram que apenas a pectinametilesterase e a celulase apresentaram atividade; a atividade de ambas permaneceu constante ou diminuiu durante o período de desenvolvimento e senescência, quando ocorreu redução significativa na firmeza do fruto.

Mesmo com as contradições citadas na literatura com relação às enzimas PME e PG, os frutos da goiabeira amadurecem naturalmente, ocorrendo todos os processos de amaciamento do fruto, reforçando a indicação de que a solubilização das pectinas seja também efetuada por outras enzimas. Lazan et al. (1993) sugeriram que, possivelmente, outras hidrolases, como as celulases e as β -galactosidases estejam envolvidas no amadurecimento.

Outros complexos enzimáticos da parede celular são citados como sendo responsáveis pelo amadurecimento, como, por exemplo, as celulases que correspondem a um complexo enzimático formado por endoglicanases, celobiohidrolase, exoglicosidase e β -glicosidase; essas enzimas atuam nas regiões cristalinas ou amorfas da celulose, liberando moléculas de glicose, pelo rompimento das ligações glicosídicas β (1 – 4) da celulose ou de seus derivados solúveis; as galactosidases, que são também relacionadas com a despolimerização das pectinas, com liberação de resíduos galactosil, os quais representam os principais açúcares neutros da parede celular perdidos durante o amadurecimento da maioria das frutas; e as hemicelulases, que são enzimas que atuam em porções específicas da macromolécula de hemicelulose, de acordo com os resíduos de açúcares simples que compõem o polímero, assim sendo, têm-se a xilanase, β -xilosidase, α -galactosidase, manosidase e arabinofuranosidase, e a ação dessas enzimas libera diferentes açúcares neutros, como xilose, arabinose, galactose e manose (Chitarra & Chitarra, 2005).

Diversos tratamentos pós-colheita têm sido testados em goiabas para aumentar a vida de prateleira do fruto, pois essa fruta apresenta intensa atividade metabólica, tornando-se altamente perecível, entrando em senescência rapidamente após o amadurecimento. Logo, é extremamente importante a adoção de técnicas que venham minimizar o seu intenso metabolismo, visando à redução de perdas pós-colheita e à ampliação do período de conservação, proporcionando a comercialização de frutas de excelente qualidade, tanto sensorial quanto nutricional, especialmente para o consumo *in natura*.

A ausência de qualquer relação entre as principais enzimas de degradação da parede celular e o amadurecimento de frutos de goiabeira não excluem mudanças dos polímeros de parede celular e re-arranjos estruturais, como mecanismos que regulam o amolecimento do fruto.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHLAWAT, V. P.; YAMDAGNI, R.; JINDAL, D. C. Studies on the effect of post-harvest treatments on storage behavior of guava (*Psidium guajava* L.) cv. Sardar (L49). **Haryana Agricultural University Journal of Research**, Sydney, v. 10, n. 2, p. 244-247, Feb. 1980.

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, Dec. 1979.

ALI, Z. M.; ARMUGAN, S.; LAZAN, H. β -Galactosidases and its significance in ripening mango fruit. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 38, n. 5, p. 1109-1114, May 1995.

ALI, Z. M.; LAZAN, H. Guava. In: MITRA, S. K. (Ed.). **Postharvest physiology and storage of tropical and subtropical fruits**. Wallingford: CAB, 1997. cap. 6, p. 145-165.

ANUÁRIO DA AGRICULTURA BRASILEIRA – AGRIANUAL. 10. ed. São Paulo: FNP, 2005. 502p.

ARCHBOLD, D. D.; POMPER, K. W. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 99-103, Oct. 2003.

ASSIS, S. A.; LIMA, D. C.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. **Food Chemistry**, London, v. 74, n. 2, p. 133-137, Aug. 2001.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

AZZOLINI, M. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 17, n. 3, p. 299-306, Sept. 2005.

BACHEM, C. W.; HOEVEN, R. S. van der; DE BRUIJN, S. M.; VREUGDENHIL, D.; ZABEAU, M.; VISSER, R. G. Visualization of differential gene expression using a novel method of RNA fingerprinting based on AFLP: analysis of gene expression during potato tuber development. **The Plant Journal**, Oxford, v. 9, n. 5, p. 745-53, Sept. 1996.

BARRET, D. M.; GONZALES, C. Activity of softening enzymes during cherry maturation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 3, p. 574-577, May 1994.

BASSETTO, E. **Conservação de goiabas “Pedro Sato” tratadas com 1-metilciclopropeno: concentrações e tempos de exposição.** 2002. 71 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

BASSETTO, E.; JACOMINO, A. P.; PINHEIRO, A. L. Conservation of “Pedro Sato” guavas under treatment with 1-methylcyclopropene. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 433-440, maio 2005.

BIALE, J. B.; BARCUS, D. E. Respiratory patterns in tropical fruits of the amazon Basin. **Tropical Science**, London, v. 7, n. 2, p. 93-104, Feb. 1970.

BROWN, B. I.; WILLS, R. B. H. Post-harvest changes in guava fruit of different maturing. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 19, n. 3/4, p. 237-243, Apr. 1983.

CARVALHO, H. A. de. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba “Kumagai”.** 1999. 115 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

CARVALHO, H. A.; CHITARRA, A. G.; CHITARRA, M. L. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, maio/jun. 2001.

CARVALHO, H. A.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MENEZES, J. B. Eficiência da concentração de cloreto de cálcio e do tempo de imersão no tratamento pós-colheita de goiaba branca cv. Kumagai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 375-381, dez. 2001.

CARVALHO, V. D. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 48-54, fev. 1994.

CASTRO, J. V.; SIGRIST, J. M. M. Matéria-prima. In: MEDINA, J. C.; CASTRO, J. V. de.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; KATO, K.; MAIA, M. L.; GARCIA, A. E. B.; FERNANDES, R. S. S. **Goiaba: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1991. p. 121-139.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1992. 333 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

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

CHOUDHURY, M. M. **Goiaba: pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 45 p.

COLÉGIO SÃO FRANCISCO. Disponível em:
<<http://www.colegiosaofrancisco.com.br/alfa/goiaba/goiaba-3.php>>. Acesso em: 20 mar. 2010.

DURIGAN, J. F. Colheita, conservação e embalagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1997. p. 149-158.

EL-ZOGHBI, M. T. C. Biochemical changes in some tropical fruits during ripening. **Food Chemistry**, London, v. 49, n. 1, p. 33-37, Jan. 1994.

FONSECA, H. Amadurecimento de frutas. In: FONSECA, H. **Bioquímica dos alimentos**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 249 p.

FRANCISCO, V. L. F. dos S.; BAPTISTELLA, C. da S. L.; AMARO, A. A. A cultura da goiaba em São Paulo. **Instituto de Economia Agrícola**, São Paulo, mar. 2005. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1902>>. Acesso em: 11 nov. 2005.

GALLARDO, K.; LE SIGNOR, C.; VANDEKERCKHOVE, J.; THOMPSON, R. D.; BURSTIN, J. Proteomics of *Medicago truncatula* seed development establishes the time frame of diverse metabolic processes related to reserve accumulation. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 131, n. 2, p. 664-682, Feb. 2003.

- GOAIBEIRA. WIKIPEDIA. Disponível em:
<<http://pt.wikipedia.org/wiki/Goiabeira>>. Acesso em: 15 ago. 2007.
- GONATTI NETTO, A.; GARCIA, A. E.; ARDIDTO, E. F. G. **Goiaba para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: Embrapa, 1996. 35 p. (FrupeX, 20).
- HATFIELD, R.; NEVINS, D. J. Characterization of the hydrolytic activity of avocado cellulase. **Plant Cell Physiology**, Tokyo, v. 27, n. 3, p. 541-552, Apr. 1986.
- HORTIBRASIL. Disponível em: <<http://www.hortibrasil.org.br/classificacao/goiaba/goiaba.html>>. Acesso em: 27 ago. 2007.
- HUBER, D. J. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruit. **American Society for Horticultural Science Journal**, Alexandria, v. 108, n. 3, p. 405-409, May 1983.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www1.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso em: 20 jun. 2008.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sidra**: sistema automático de recuperação automática. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 jun. 2008.
- JACOMINO, A. P.; OJEDA, R. M.; KLUGE, R. A.; SCARPARE FILHO, J. A. Conservação de goiabas tratadas com emulsões de cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 401-405, dez. 2003.
- JACOMINO, A. P.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. de L.; SIGRIST, J. M. M.; KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Armazenamento de goiabas 'Kumagai' sob diferentes temperaturas de refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 165-169, Nov. 2000.
- KASHYAP, D. R.; VOHRA, P. K.; CHOPRA, S.; TEWARI, R. Applications of pectinases in the commercial sector: a review. **Bioresource Technology**, London, v. 77, n. 3, p. 215-227, May 2001.

LAZAN, H.; ALI, Z. M. Cell wal hydrolases and their potential in the manipulation of ripening of tropical fruits. **Asean Food Journal**, Singapore, v. 8, n. 2, p. 47-53, Feb. 1993.

LELIEVRE, J. M.; LATCHE, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Ethylene and fruit ripening. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v. 101, n. 4, p. 727-739, Dec. 1997.

LESTER, G. E.; DUNLAP, J. R. Physiological changes during development and ripening of 'Perlita' muskmelons fruits. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 26, n. 4, p. 323-331, Sept. 1985.

LIMA, A. V. **Qualidade pós-colheita da goiaba "Pedro Sato" tratada com Ca 'CI IND.2' e 1-MCP em condições ambiente**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA, M. A.; DURIGAN, J. F.; TOSTES, D. R. D. Avaliação do comportamento respiratório de goiabas 'Pedro Sato' e a influência de diferentes embalagens na sua conservação sob refrigeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. p. 1980-1983.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas "pedro sato" tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 829-841, maio/jun. 2007.

MEDINA, J. C.; CASTRO, J. V. de.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; KATO, K.; MAIA, M. L.; GARCIA, A. E. B.; FERNANDES, R. S. S. **Goiaba: cultura, matériaprima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1988. 224 p. (Série Frutas Tropicais, 6).

MENDONÇA, R. D.; FERREIRA, K. S.; SOUZA, L. M.; MARINHO, C. S.; TEIXEIRA, L. S. Características físicas e químicas de goiabas 'cortibel 1' e 'cortibel 4' armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007.

MERCADO-SILVA, E.; BAUTISTA, P. B.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 143-150, Apr. 1998.

OJEDA, R. M. **Utilização de ceras, fungicidas e sanitizantes na conservação de goiabas “Pedro Sato” sob condição ambiente**. 2001. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

OLIVEIRA, A. C. G.; ZANÃO, C. F. P.; ANICETO, A. P.; SPOTO, M. H. F.; BRAZACA, S. G. C.; WALDER, J. M. M. Conservação pós-colheita de goiaba branca kumagai por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-396, fev. 2006.

OLIVEIRA, M. A. **Utilização de película de fécula de mandioca como alternativa à cera na conservação pós-colheita de frutos de Goiaba (*Psidium guajava*)**. 1996. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

PEREIRA, F. M.; CARVALHO, C. A.; NACHTIGAL, J. C. Século XXI: nova cultivar de goiabeira de dupla finalidade. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 498-500, dez. 2003.

PRESSEY, R. Enzymes involved in fruit softening. In: ORY, R. L.; ANGELO, A. J. (Ed.). **Enzymes in food beverage processing**, Washington: American Chemical Society, 1977. p. 172-191.

PRESSEY, R.; AVANTES, J. K. Solubization of cell walls by tomato polygalacturonases: effects of pectinesterases. **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 6, n. 1, p. 57-74, Mar. 1982.

PROCTOR, A.; MIESLE, T. J. Polygalacturonase and pectimethylesterase activities in developing highbush blueberries. **Horticultural Science**, Alexandria, v. 26, n. 5, p. 579-581, May 1991.

SAHA, A. K. Effect of post harvest treatment with growth regulators on the ripening and chemical composition of guava (*Psidium guajava* L) fruits. **Indian Journal of Horticulture**, Lucknow, v. 28, n. 1, p. 11-15, Jan. 1971.

SALUNKHE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. **Storage processing and nutritional quality of fruits and vegetables: fresh fruits and vegetables**. 2. ed. Boston: CRC, 1991. 323 p.

SARAVANAN, R. S. E.; ROSE, J. K.C. A critical evaluation of sample extraction techniques for enhanced proteomic analysis of recalcitrant plant tissues. **Proteomics**, Weinheim, v. 4, n. 9, p. 2522-2532, Sept. 2004.

SARRY, J. E.; SOMMERER, N.; SAUVAGE, F. X.; BERGOIN, A.; ROSSIGNOL, M.; ALBAGNAC, G.; ROMIEU, C. Grape berry biochemistry revisited upon proteomic analysis of the mesocarp. **Proteomics**, Weinheim, v. 4, n. 2, p. 201-215, Feb. 2004.

SCHENA, M.; SHALON, D.; DAVIS, R. W.; BROWN, P. O. Quantitative monitoring of gene expression patterns with a complementary DNA microarray. **Science**, New York, v. 270, n. 3, p. 467-470, Mar. 1995.

SING, B. P.; SING, H. K.; CHAUHAN, K. S. Effect of post-harvest calcium treatments on the storage life of guava fruits. **Indian Journal of Agricultural Science**, New Delhi, v. 51, n. 1, p. 44-47, Jan. 1981.

SISLER, E. C.; SEREK, M. Inhibitors of ethylene responses in plants at the receptors level: recent developments. **Physiologia Plantarum**, Bratislava, v. 100, n. 3, p. 577-582, July 1997.

SOUZA, O. P.; MANCIN, C. A.; MELO, B. Cultura da goiabeira. **Núcleo de Estudo em Fruticultura no Cerrado**, Uberlândia, 2003. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/goiabao.html>>. Acesso em: 20 jun. 2008.

XISTO, A. L. R. P.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. Textura de goiabas 'Pedro Sato' submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciências Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 113-118, jan./fev. 2004.

YANG, S. F.; HOFFMAN, N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 35, n. 1, p. 155-189, Jan. 1984.

YUSOF, S.; HASHIM, H. Hot water versus vapour heat treatment and their effects on guava (*Psidium guajava* L.) fruits. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 292, n. 2, p. 217-221, Feb. 1992.

CAPÍTULO 2

FRACIONAMENTO DE AÇÚCARES E TEOR DE PECTINA DURANTE O AMADURECIMENTO DE GOIABA cv. PEDRO SATO

1 RESUMO

No Brasil, a cultura da goiaba apresenta grande importância socioeconômica, dadas as amplas e variadas formas de utilização do fruto. A goiaba é considerada um fruto bastante atrativo, em razão de sua delicada cor e agradável aroma, além de ser uma das mais completas e equilibradas frutas no que diz respeito ao valor nutritivo, contendo alto teor de vitamina C, quantidades razoáveis de pró-vitamina A, vitaminas do complexo B e sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro. Altamente perecível, devido ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, a goiaba tem vida útil que pode chegar de 3 até 5 dias sob temperatura ambiente. A firmeza dos frutos verdes e maduros é devida principalmente aos polímeros de pectina. A perda de firmeza durante o amadurecimento de goiaba é devido à atividade de enzimas hidrolíticas, que promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular. Embora a goiaba seja considerada uma fruta rica em pectina, os teores relatados na literatura não ultrapassam 2,4%; com esse baixo teor, as pectinas não podem ser os únicos compostos responsáveis pela firmeza da goiaba. Diante do exposto, com a finalidade de tentar explicar a rápida diminuição da firmeza, determinouse a composição centesimal dos frutos da goiaba e fez-se um fracionamento dos açúcares durante o amadurecimento em temperatura ambiente. Foram colhidas goiabas no estágio “de vez” e armazenadas por 8 dias à temperatura de $22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $78\% \pm 1\%$. As análises realizadas foram: composição centesimal, fracionamento dos açúcares e espectrometria de absorção na região do infravermelho. Pelos resultados, verificou-se que os açúcares de goiaba não variaram durante o amadurecimento. Os teores de pectina estimados (5,7%) foram maiores que os teores citados na literatura (2,4%), o que pode explicar melhor o papel da pectina na firmeza do fruto.

Termos para indexação: goiaba, açúcar, pectina.

FRACTIONATION OF SUGARS AND PECTIN LEVEL DURING RIPENING OF GOIABA cv. "PEDRO SATO"

2 ABSTRACT

In Brazil, the culture of the guava presents great socioeconomic importance, given the wide and varied forms of use of the fruit. The guava is considered a quite attractive fruit, due to its delicate color and pleasant aroma, besides being one of the most complete and balanced fruits in terms of its nutritional value, containing high vitamin C levels, reasonable amounts of provitamin A, B complex vitamins and mineral salts such as calcium, phosphorus and iron. Highly perishable, due to its intense metabolism during ripening, the guava has a very short shelf life, that can reach from 3 to 5 days under room temperature. The firmness of the green and ripe fruits, is mainly due to the pectin polymers. The loss of firmness during the guava ripening is due to hydrolytic enzyme activity that promotes intense solubilization of the cell wall pectins. Although the guava is considered a fruit rich in pectin, the levels reported in the literature do not surpass 2.4%, with that low level, the pectins cannot be the only compounds responsible for the guava firmness. Given the above, with the purpose of trying to explain the rapid decrease of firmness, the centesimal composition of the guava fruits was determined and a sugar fractionation was conducted during the ripening at room temperature. Guavas at the "semi-mature" stage were picked and stored for 8 days at a temperature of $22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of $78\% \pm 1\%$. The analyses conducted were: centesimal composition, sugar fractionation and infrared absorption spectrometry. The results showed that the guava sugars did not vary during the ripening. The estimated pectin levels (5.7%) were higher than the levels mentioned in the literature (2.4%), which can better explain the role of the pectin in the firmness of the fruit.

Index terms: guava, sugar, pectin.

3 INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura da goiaba apresenta grande importância socioeconômica, dadas as amplas e variadas formas de utilização do fruto. Sua produção está direcionada principalmente para as indústrias de sucos, polpas, compotas, geleias, goiabadas, sorvetes e outros produtos sofisticados, como “guatchup” (molho similar ao ketchup, feito com polpa de goiaba) (Gonzaga Neto et al., 1994).

A goiaba é um dos frutos de maior importância nas regiões tropicais e subtropicais, não só devido ao seu elevado valor nutritivo, mas também pela excelente aceitação do consumo *in natura*, pela capacidade de desenvolvimento em condições adversas e pela grande aplicação industrial (Maia et al., 2002). É considerada um fruto bastante atrativo, em razão de sua delicada cor e agradável aroma, além de ser uma das mais completas e equilibradas frutas no que diz respeito ao valor nutritivo, contendo alto teor de vitamina C, quantidades razoáveis de pró-vitamina A, vitaminas do complexo B e sais minerais, como cálcio, fósforo e ferro (Pereira & Martinez, 1986; Pereira, 1995; Manica et al., 2000; Sato et al., 2005; Siqueira et al., 2006). No entanto, podem ocorrer grandes variações nos teores de componentes nutritivos, devido à variedade do fruto, estágio de maturação no momento da colheita, condições climáticas durante o desenvolvimento dos frutos e procedimentos durante o cultivo (Pereira, 1995; Carvalho, 1999; Cardoso et al., 2002).

Altamente perecível, devido ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, a goiaba tem vida útil que pode chegar de 3 até 5 dias sob temperatura ambiente de 23°C a 25°C (Carvalho, 1994; Gonatti Netto et al., 1996; Durigan, 1997), em que a diminuição da firmeza é a característica mais marcante nesse processo de amadurecimento.

A firmeza dos frutos verdes e maduros é devida principalmente aos polímeros de pectina, que podem estar metiladas e com graus variados de metilação (Kertesz, 1951; Fertoni, 2006), podem estar ligadas a íons, principalmente Ca^{++} , que mantêm cadeias adjacentes unidas entre si, ou ainda, podem apresentar suas cadeias glicosídicas interligadas entre si por compostos fenólicos (Taiz & Zeiger, 2004, Chitarra & Chitarra, 2005).

A perda de firmeza durante o amadurecimento de goiaba é devida a atividade de enzimas hidrolíticas que promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular, principalmente a atividade de pectinametilerases (PME) e poligalacturonases (PG) (Tucker, 1993; Jain et al., 2001; Oliveira et al., 2006). Considerando que a goiaba cv. Pedro Sato não apresenta atividade de poligalacturonases (Linhares et al., 2007), ou esta é muito baixa, podendo ainda diminuir com o amadurecimento (Lima, 2004; Xisto et al., 2004) a explicação para a rápida diminuição da firmeza permanece ainda inexplicável. A existência de alta atividade de esterases em membrana celular/parede celular de endocarpo de goiaba (Linhares et al., 2007) pode sugerir que a rápida diminuição da firmeza ocorre por outros processos diferentes que a hidrólise dos ácidos poligalacturônicos.

Embora a goiaba seja considerada uma fruta rica em pectina (Silva, 2000; Paraíso das Frutas, 2010; Boeira, 2008), os teores relatados na literatura estão em torno de 2,4% (Pal & Selvaraj, 1979; Mowlah & Itoo, 1983; Bulk et al., 1997; Carvalho, 1999; Gianonni, 2000; Carvalho et al., 2001; Lima, 2004; Xisto et al., 2004; Vila et al., 2007; Linhares et al., 2007; Mendonça et al., 2007; Oshir et al., 2008) Acredita-se que esse teor de pectina é baixo para se considerar que os polímeros de pectinas sejam os únicos compostos responsáveis pela firmeza da goiaba. Além disso, há citações de que os teores de pectina total podem permanecer inalterados, diminuir ou aumentar durante o

amadurecimento da goiaba; essas informações são incoerentes com o processo de amadurecimento de frutos.

Diante do exposto, com a finalidade de tentar elucidar a rápida diminuição da firmeza, objetivou-se com este trabalho determinar a composição centesimal dos frutos da goiaba e fazer um fracionamento dos açúcares durante o amadurecimento em temperatura ambiente.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Procedência e colheita dos frutos

As goiabas (*Psidium guajava* L.) da cv. “Pedro Sato” foram colhidas manualmente no início da manhã, no estágio de amadurecimento “de vez” (ângulo Hue de aproximadamente 120°) em um pomar comercial situado no município de Lavras, Minas Gerais, altitude 845 m, latitude 21,15° Sul, longitude 45,22° Oeste, e acondicionadas em caixas de polietileno previamente esterilizadas e transportadas ao Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química (DQI) da Universidade Federal de Lavras MG.

Os frutos foram selecionados, lavados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio a 1% a 20°C por 5 minutos para desinfecção. Após secagem da solução de hipoclorito, os frutos foram numerados, colocados em uma estante no laboratório e mantidos por um período de 8 dias à temperatura e umidade relativa de 22°C ± 1°C e 78% ± 1%, respectivamente. Durante o amadurecimento, foram coletadas amostras para realização do fracionamento dos açúcares.

4.2 Composição Centesimal

A determinação da composição centesimal foi realizada para caracterização da goiaba, em um lote com diferentes estágios de maturação (verde, intermediária e madura) lavadas em água corrente e cortadas em pequenas fatias. Em seguida, foram levadas ao homogeneizador elétrico para serem trituradas, formando uma pasta homogênea a partir da qual foram retiradas as amostras para a determinação da composição centesimal média, independentemente do estágio de amadurecimento. A temperatura e umidade relativa do ambiente estava a 22°C ± 1°C e 78% ± 1%, respectivamente. A

metodologia adotada para a realização das análises da composição centesimal (umidade, cinzas, lipídios, fibra alimentar total, proteínas e extrato não nitrogenado) seguem os métodos oficiais descritos na Association of Official Analytical Chemistry - AOAC (2002).

4.3 Fracionamento e quantificação dos carboidratos de parede celular

Os açúcares dos frutos de goiaba em cada dia de amadurecimento foram fracionados segundo o esquema da Figura 1.

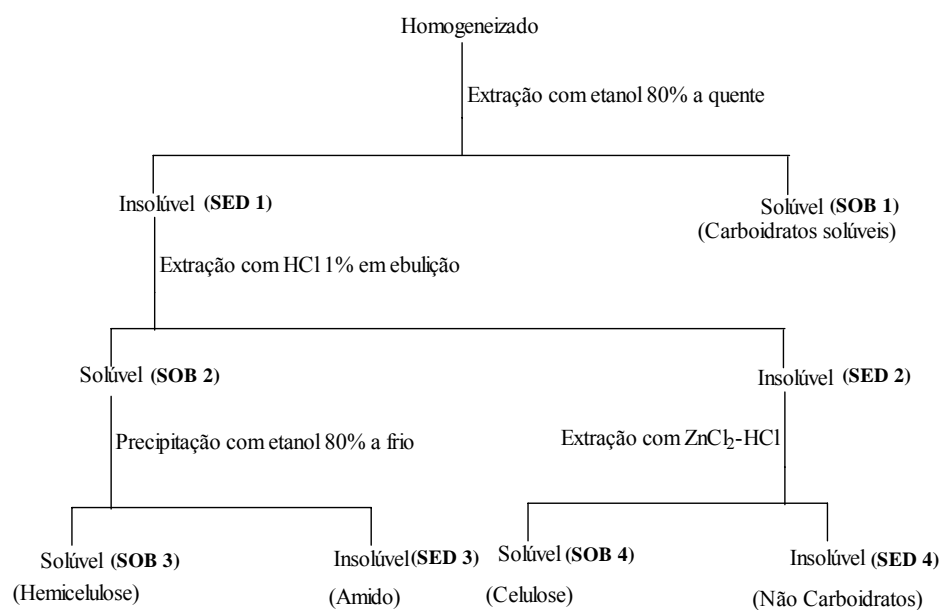


FIGURA 1 Fracionamento dos carboidratos de parede celular.
Fonte: Terra et al. (1987)

Os açúcares solúveis foram extraídos por ebulição durante 5 minutos de 1 g de goiaba previamente homogeneizada com 40 mL de etanol 80%. A mistura foi centrifugada a 10.000 xg durante 10 minutos à temperatura ambiente e o sobrenadante (denominado de SOB 1) foi utilizado para a quantificação de açúcares solúveis totais (Dische, 1962), e o sedimento (denominado de SED 1), utilizado para fracionar açúcares insolúveis.

O SED 1 foi homogeneizado em 20 mL de HCl 1% e colocado em ebulição durante 5 minutos, e centrifugados a 10.000xg durante 10 minutos à temperatura ambiente, e o SOB 2 e o SED 2, recuperados.

Ao SOB 2 foi adicionado etanol absoluto até ficar a uma concentração de 80%, e após ficar durante 60 minutos a 20 °C negativos, foi centrifugado a 10.000 xg 10 minutos a 4°C. O SOB 3 foi utilizado para determinação de hemicelulose e o SED 3 foi suspenso em 10 mL de água e utilizado para a determinação de amido. O SED 2 foi homogeneizado em 20 mL de ZnCl₂ – HCl (2:1, p/v) por um tempo de 10 minutos (Oser, 1965) e centrifugado a 10.000 xg durante 10 minutos à temperatura ambiente. O SOB 4 foi utilizado para a quantificação de celulose e o SED 4, que corresponde principalmente a materiais não carboidratos, foi homogeneizado em 10 mL de água e utilizado para avaliar a possível presença de carboidratos que não foram fracionados anteriormente. Todos os carboidratos foram determinados nas preparações usando o método de antrona (Dische, 1962) para açúcares totais.

Os teores de pectina em cada fração foram doseados pelo método do carbazol (Bitter & Muir, 1962), com os resultados expressos em porcentagem de ácido galacturônico.

4.4 Espectroscopia de absorção na região do infravermelho (FT-IR) na fração Amido

A caracterização do complexo pela espectroscopia de absorção na região do infravermelho foi realizada no Centro de Análise e Prospecção Química do DQI/UFLA, utilizando-se a técnica de pastilha com 100 mg de brometo de potássio (KBr) e 1 a 2 mg da fração denominada Amido, que foi liofilizada; em seguida, foram prensadas (50N/sqin) e analisadas em espectrômetro FTS 3000 Excalibur Digilab, com transformata de Fourier (resolução 8 cm^{-1} e 16 scans), sendo os espectros registrados na faixa de 4.000 a 500 cm^{-1} .

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é mostrada a composição centesimal de goiaba cv. “Pedro Sato”, a qual apresentou umidade elevada, como a maioria das frutas, representando 83,6g 100g⁻¹.

A goiaba apresentou baixo teor de lipídeo (0,34 g 100 g⁻¹ matéria fresca), pois são raras as frutas ricas desse composto, assim como o de proteína que foi de 0,77g 100g⁻¹ matéria fresca. As cinzas representaram 0,36 g 100g⁻¹. Esses resultados foram encontrados na literatura com algumas pequenas variações (Franco, 2001; Lajolo, 2001; Pinheiro, 2005; Philippi, 2002; Pereira et al., 2003; Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, 2006).

Os carboidratos são os nutrientes mais abundantes na natureza e constituem a principal fonte de energia do ser humano. São encontrados principalmente nos vegetais, sendo os cereais, raízes e tubérculos e frutas as principais fontes (Silva & Mura, 2007). A fração glicídica ou extrato não nitrogenado (ENN) foi determinada por diferença, que expressa de forma aproximada o teor de carboidratos do alimento. Entretanto, o teor de ENN encontrado para a goiaba (6,9%) está próximo do percentual de carboidratos em tabelas de composição (Franco, 2001; Pinheiro, 2005; Philippi, 2002; Unicamp, 2006).

A fibra alimentar corresponde a compostos de origem vegetal que sofrem hidrólise no trato digestivo humano. As fibras são divididas segundo a solubilidade em fibras insolúveis (celulose, lignina e algumas hemiceluloses) e solúveis (pectina, beta-glicanas, gomas, mucilagens, etc.) (Cozzolino, 2006; Silva, 2000). O valor de fibra alimentar encontrado foi de 8,03%, que está próximo dos valores encontrados na literatura (Franco, 2001; Lajolo, 2001; Philippi, 2002; Unicamp, 2006).

TABELA 1 Composição centesimal da goiaba cv. “Pedro Sato”, expressa na amostra integral.

| Constituinte | Teor (g 100g ⁻¹)* |
|-----------------------|-------------------------------|
| Umidade | 83,60 ± 0,17 |
| Lipídeos | 0,34 ± 0,05 |
| Proteína | 0,77 ± 0,05 |
| Fibra Alimentar Total | 8,03 ± 0,02 |
| Cinzas | 0,36 ± 0,03 |
| Glicídios (ENN)** | 6,90 ± 0,02 |

*Os dados são as médias de triplicatas ± desvio-padrão.

** ENN = extrato não nitrogenado.

Os resultados obtidos na caracterização físico-química da goiaba cv. “Pedro Sato”, de uma maneira geral, aproximam-se dos resultados de trabalhos citados na literatura. Tais características podem, entretanto, apresentar grandes variações em seus componentes, se comparadas com resultados obtidos em outros estudos, devido às possíveis diferenças na variedade do fruto, estágio de maturação no momento da colheita, condições climáticas durante o desenvolvimento dos frutos e procedimentos utilizados durante o cultivo (Pereira, 1995; Carvalho, 1999; Cardoso et al., 2002).

Na Tabela 2 encontram-se os dados do fracionamento dos açúcares. Os carboidratos solúveis, hemicelulose e açúcares totais não apresentaram diferenças durante o amadurecimento. Embora não tenha havido diferenças significativas entre esses parâmetros, os frutos amadureceram rapidamente, mudando de cor (de verde para amarelo) e diminuindo a firmeza (dados não mostrados).

A celulose teve um comportamento mais bem explicado por uma equação quadrática, tendo um aumento até o 3º dia, atingindo um valor de 2%; a

partir daí, teve uma queda até o final do período de armazenamento, chegando a 1,48%.

Esses resultados mostram não haver diferenças significativas nos açúcares e carboidratos dos frutos de goiaba durante amadurecimento; resultados semelhantes foram encontrados por Jacomino et al. (2000), Cardoso et al. (2002), Xisto et al. (2004) e Linhares et al. (2007).

A fração denominada “amido” elevou-se de 0,14% na ocasião da colheita para 0,21% no 8º dia de amadurecimento. Entretanto, a análise visual do precipitado por etanol a frio, observou-se um gel transparente, diferente do sedimento esperado para o amido (sedimento branco). Foi realizado então um teste qualitativo com lugol, e o resultado foi negativo (dados não mostrados), sugerindo a presença de outro polissacarídeo que não o amido. O fato de apresentar reação com antrona sugere a presença de unidades de açúcares diferentes de ácidos urônicos característicos das pectinas. A análise espectroscópica de infravermelho dessa fração (Figura 1B) mostrou semelhanças de grupos funcionais com o ácido poligalacturônico (Sigma[®]) (Figura 1A) e com pectinas de maçã e comercial, respectivamente (Figuras 1C e 1D, Fertoni, 2006), sugerindo ser essa fração uma pectina bem característica.

A absorção na faixa entre 1.000 e 2.000 cm^{-1} é a região importante para identificação de grupos funcionais do ácido galacturônico, uma vez que as carboxilas livres absorvem aproximadamente 1.620 cm^{-1} , e as esterificadas, 1.750 cm^{-1} . A ampla e forte faixa de absorção entre 2.400 e 3.600 cm^{-1} corresponde aos estiramentos dos grupos hidroxilas relativos à umidade das amostras de pectina. Os picos na faixa entre 3.000 e 2.800 cm^{-1} estão relacionados às ligações C-H e CH_3 dos grupamentos metil éster (Monsoor et al., 2001).

TABELA 2 Fracionamento e quantificação dos componentes da parede celular de goiaba cv. “Pedro Sato”, durante amadurecimento à temperatura ambiente.

| Dias de amadurecimento | Carboidratos solúveis (%) | Hemicelulose (%) | Pectina (%) | Celulose (%) | Carboidratos não fracionados (%) | Carboidratos totais (Soma) (%) |
|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------|---------------------|---|---------------------------------------|
| 0 | 7,19 ± 0,14 | 0,22 ± 0,02 | 0,14± 0,00 | 1,70 ± 0,10 | 0,30 ± 0,02 | 9,55 |
| 1 | 6,38 ± 0,22 | 0,15 ± 0,02 | 0,14± 0,00 | 1,80 ± 0,17 | 0,20 ± 0,01 | 8,67 |
| 2 | 6,74 ± 0,39 | 0,17 ± 0,01 | 0,16± 0,00 | 2,37 ± 0,04 | 0,23 ± 0,01 | 9,67 |
| 3 | 6,95 ± 0,26 | 0,22 ± 0,00 | 0,19± 0,00 | 1,63 ± 0,09 | 0,35 ± 0,01 | 9,34 |
| 4 | 7,59 ± 0,27 | 0,21± 0,00 | 0,19± 0,00 | 2,18 ± 0,12 | 0,39 ± 0,02 | 10,56 |
| 5 | 6,71 ± 0,23 | 0,18± 0,00 | 0,20 ± 0,01 | 1,87 ± 0,09 | 0,41 ± 0,02 | 9,37 |
| 6 | 6,96 ± 0,07 | 0,22 ± 0,01 | 0,20± 0,00 | 1,93 ± 0,09 | 0,37 ± 0,03 | 9,68 |
| 8 | 6,31 ± 0,33 | 0,18 ± 0,00 | 0,20± 0,00 | 1,48 ± 0,11 | 0,31± 0,00 | 8,48 |
| Média Geral | 6,85 | 0,19 | 0,17 | 1,84 | 0,32 | 9,42 |

Os dados são a média de triplicatas ± desvio padrão.

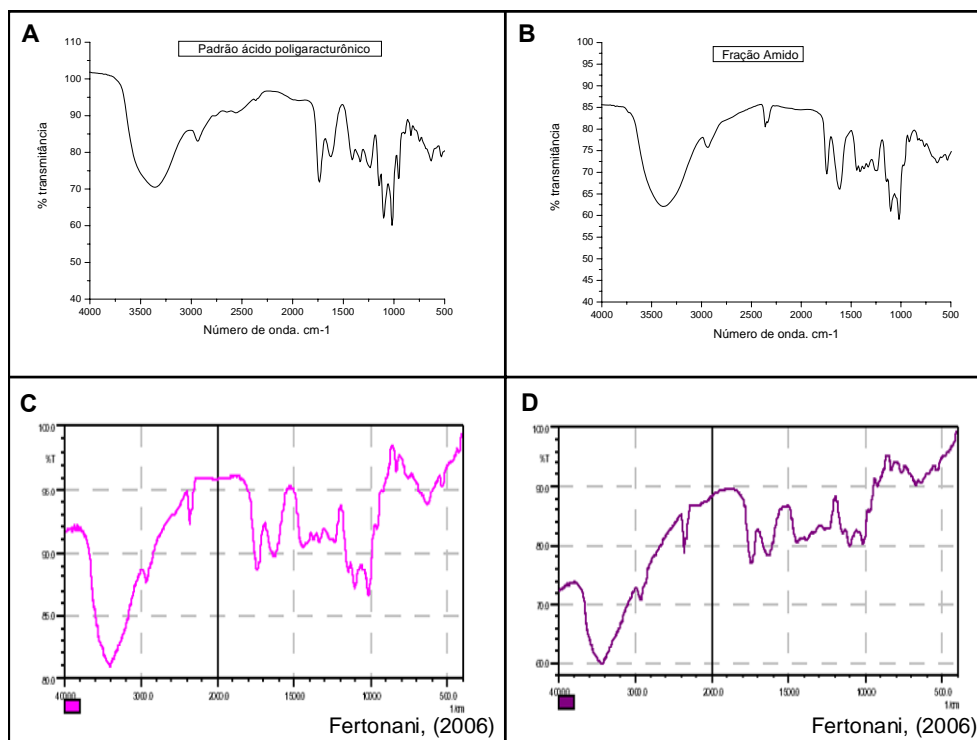


FIGURA 2 Caracterização espectroscópicas FT-IR das substâncias pécticas. (A) padrão ácido galacturônico. (B) fração “amido”. (C) pectina de maçã. (D) pectina comercial.

O fracionamento dos açúcares da polpa de goiaba cv. “Pedro Sato” não resultou no valor esperado, que era $14,93 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ (fibra alimentar total + glicídeos) apresentado na Tabela 1. A soma dos açúcares nas frações foi de aproximadamente 9,42 % (Tabela 2). Essa diferença poderia ser explicada pela quantidade de pectina encontrada nas frações e não detectada pelo método da antrona, embora esse fracionamento não seja o método correto de extração de pectinas.

A quantidade de pectina total em cada fração foi determinada em 3 dias de amadurecimento (dia 0, dia 4 e dia 8) e mostrou-se superestimada em aproximadamente 28%, pela presença de açúcares que interferem na análise de pectina com carbazol (Figura 3). O mesmo não ocorre com a quantificação de açúcares com antrona, que não sofre interferência pela presença de pectina (Figura 4). O valor médio total encontrado em todas as frações foi de 7,7% de pectina, mesmo com valores superestimados; o teor total de pectina de 7,7% foi ligeiramente maior que o valor esperado de 5,5%; esse valor é a diferença entre 14,93 (6,90 + 8,03 Tabela 1) e 9,42 (média geral dos açúcares totais Tabela 2). Se o valor da quantidade de pectina (7,7%) encontrado nas frações for corrigido, o valor de 5,5% será encontrado, sendo também maior que os valores encontrados na literatura que estão em torno de 2,4% (Pal & Selvaraj, 1979; Mowlah & Itoo, 1983; Bulk et al., 1997; Carvalho, 1999; Gianonni, 2000; Carvalho et al., 2001; Lima, 2004; Xisto et al., 2004; Linhares et al., 2007; Mendonça et al., 2007; Vila, 2007; Oshir et al., 2008).

Considerando ainda que a fibra alimentar total foi de 8,03% (Tabela 1), e que a soma dos teores de celulose e hemicelulose é de 2,2% (Tabela 2), o teor de pectina, entre outros polímeros, deveria ser ao redor de 5,8%. Esse raciocínio deve estar correto, uma vez que a soma dos açúcares totais foi aproximadamente 9% (Tabela 2) e o possível teor de pectina 5,8% equivale a um total de 14,93% de açúcares, que corresponde à soma de 6,9% (ENN) + 8,03% (Fibra alimentar) (Tabela 1), resultando em 14,93% de açúcares totais.

Considerando ainda essas conclusões, o teor de pectina total determinado em goiaba, que foi de aproximadamente 2,4%, está bastante subestimado, e a afirmação da literatura de que o teor de pectina total durante o amadurecimento de goiaba pode diminuir, permanecer constante ou aumentar (Pal & Selvaraj, 1979; Mowlah & Itoo, 1983; Bulk et al., 1997; Carvalho, 1999; Gianonni, 2000; Carvalho et al., 2001; Lima, 2004; Xisto et al., 2004; Linhares

et al., 2007; Mendonça et al., 2007; Vila, 2007; Oshir et al., 2008) demonstram bem a diferença dos resultados encontrados para essa substância.

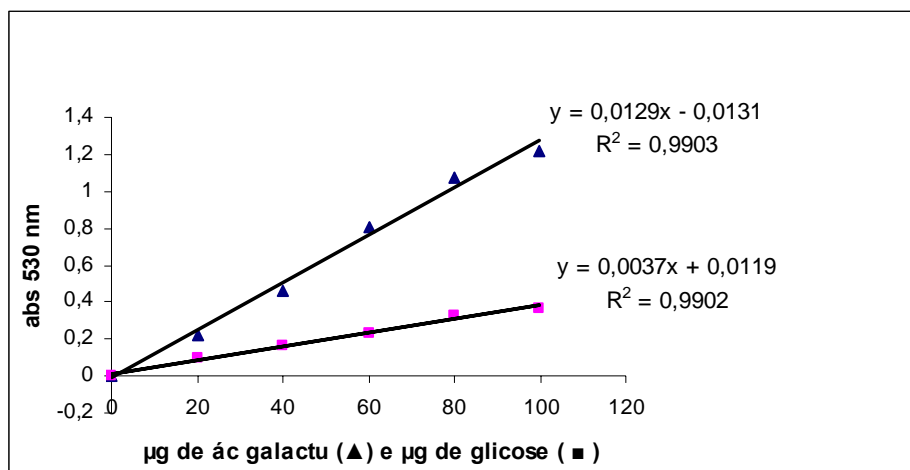


FIGURA 3 Curva padrão de ácido galacturônico com carbazol (▲), e de glicose com carbazol (■)

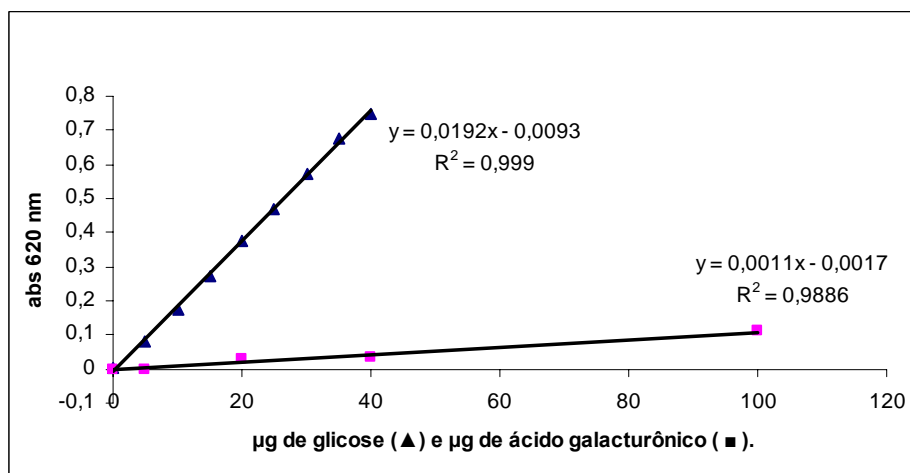


FIGURA 4 Curva padrão de glicose com antrona (▲), e de ácido galacturônico com antrona (■)

6 CONCLUSÃO

Não houve mudança significativa dos açúcares durante o amadurecimento de goiaba. Os teores de pectina estimados foram maiores que o dobro dos teores citados na literatura, sugerindo, assim, que ela pode ser responsável pela firmeza do fruto.

Agradecimentos

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, e ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12. ed. Washington: Sidney Willians, 2002. 1115 p.

BITTER, T.; MUIR, H. M. A modified uronic acid carbazole reaction. **Analytical Biochemistry**, New York, v. 34, n. 2, p. 330-334, Apr. 1962.

BOEIRA, C. As frutas são importantes para uma alimentação adequada no verão. **Clesio.Net**, Porto Alegre, jan. 2008. Disponível em: <http://www.clesio.net/cn/index.php/2008/01/24/as_frutas_sao_importantes_no_cardapio_de?blog=12>. Acesso em: 18 mar. 2010.

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

CARDOSO, E. de A.; ALVES, R. E.; MOURA, C. F. H.; ALMEIDA, A. da S.; PEREIRA, M. E. C. Frutos de goiabeira Paluma colhidos em diferentes estádios de maturação na região do Vale do Curu, Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2002, Belém. **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

CARVALHO, H. A. de.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MENEZES, J. B. Eficiência da concentração de cloreto de cálcio e do tempo de imersão no tratamento pós-colheita de goiaba branca cv. Kumagai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n. 3, p. 375-381, dez. 2001.

CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita da goiaba "Kumagai"**. 1999. 115 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, V. D. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 48-54, fev. 1994.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2006. 992p.

DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R. L.; WOLFRAM, M. L. (Ed.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p. 477-512.

DURIGAN, J. F. Colheita, conservação e embalagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1997. p. 149-158.

FERTONANI, H. C. R. **Estabelecimento de um modelo de extração ácida de pectina de bagaço de maçã**. 2006. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

FRANCO, G. **Tabela de composição química de alimentos**. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2001. 307 p.

GIANONNI, J. A. **Efeito da radiação gama e do cálcio na conservação pós-colheita da goiaba branca armazenada sob refrigeração**. 2000. 181 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu.

GONGATTI NETO, A.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E. F. G. **Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: Embrapa, 1996. 35 p.

JACOMINO, A. P.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. de L.; SIGRIST, J. M. M.; KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Armazenamento de goiabas ‘Kumagai’ sob diferentes temperaturas de refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 165-169, Nov. 2000.

JAIN, N.; DHAWAN, K.; MALHOTRA, S. P.; SIDDIQUI, S.; SINGH, R. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava L.*) fruits during ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 357-362, Sept. 2001.

KERTESZ, Z. I. **The pectic substances**. New York: Interscience, 1951. 628 p.

LAJOLO, M. F. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. Campinas: Unicamp, 2001. Disponível em: <www.fcf.usp.tabela>. Acesso em: 3 dez. 2009.

LIMA, A. V. **Qualidade pós-colheita da goiaba Pedro Sato tratada com cloreto de cálcio e 1-MCP em condições ambiente**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agroquímica e Agrobioquímica) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “pedro sato” tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 829-841, maio/jun. 2007.

MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; SANTOS, P. H. M. Técnica aumenta tempo de conservação da goiaba. **Revista Ciência e Tecnologia**, Campinas, v. 4, n. 1, p. 11-12, jan. 2002.

MANICA, L.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Fruticultura tropical**. Porto Alegre: Cinco continentes, 2000. cap. 6, 373 p.

MENDONÇA, R. D.; FERREIRA, K. S.; SOUZA, L. M.; MARINHO, C. S.; TEIXEIRA, L. S. Características físicas e químicas de goiabas ‘cortibel 1’ e ‘cortibel 4’ armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007.

MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey: Konica Minolta Sensing, 1994.

MONSOOR, M. A.; KALAPATHY, U.; PROCTOR, A. Determination of polygalacturonic acid content in pectin extracts by diffuse reflectance fourier transform infrared pectroscopy. **Food Chemistry**, London, v. 74, n. 2, p. 233-238, Aug. 2001.

MOWLAH, G.; ITOO, S. Changes in pectic components, ascorbic acid, pectic enzymes and cellulase activity in ripening and stored guava (*Psidium guajava* L.). **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, Tóquio, v. 30, n. 8, p. 454-461, Aug. 1983.

OLIVEIRA, A. C. G.; ZANÃO, C. F. P.; ANICETO, A. P.; SPOTO, M. H. F.; BRAZACA, S. G. C.; WALDER, J. M. M. Conservação pós-colheita de goiaba branca kumagai por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-396, fev. 2006.

OSER, B. L. **Hawk's physiological chemistry**. 14. ed. New York: McGraw-Hill, 1965. 1472 p.

OSHIRO, A. M.; VIEIRA, C. R. Y.; TANAMATI, F. Y.; AYRES, M. C. R.; NAMIUCHI, N. N.; FIGUEIREDO, P. G. Caracterização química de goiabas 'Pedro Sato' na região de Santa Terezinha, Itaporã, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 20., 2008, Vitória. **Anais...** Vitória: Centro de Convenções, 2008. CD-ROM.

PAL, D. K.; SELVARAJ, Y. Changes in pectin and pectinesterase activity in developing guava fruits. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v. 16, n. 3, p. 115-116, May/Jun. 1979.

PARAISO DAS FRUTAS. Disponível em:
<<http://www.paraisofrutas.com.br/frutas.php?titulo='Goiaba'>>. Acesso em: 8 set. 2010.

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

PEREIRA, F. M.; MARTINEZ, M. **Goiabas para industrialização**. Jaboticabal: Legis Suma, 1986. 142 p.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CARDELLO, H. M. A. B.; HUBINGER, M. D. Vida-de-prateleira de goiabas minimamente processadas acondicionadas em embalagens sob atmosfera modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 3, p. 427-433, mar. 2003.

PHILIPPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. 2. ed. São Paulo: Metha, 2002. 135 p.

PINHEIRO, A. B. V.; LACERDA, E. M. A.; BENZECRY, E. H.; GOMES, M. C. S.; COSTA, V. M. **Tabela para avaliação de consumo alimentar em medidas caseiras**. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

SATO, A. C. K.; CUNHA, R. L.; ARGANDOÑA, E. J. S. Avaliação da cor, textura e transferência de massa durante o processamento de goiabas em calda. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 1, p. 149-156, 2005.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227 p.

SILVA, S. M. C.; MURA, J. D. P. **Tratado de alimentação, nutrição e dietoterapia**. São Paulo: Roca, 2007. 1122 p.

SIQUEIRA, E. B.; BRUSCATTO, M. H.; SGANZERLA, M.; BORGES, G. S. C.; ZAMBIASI, R. C. Aceitabilidade de goiabadas *light* com aplicação de hidrocolóides. **FFPel**, Pelotas, 2006. Disponível em: <<http://www.ufpel.edu.br>>. Acesso em: 2 dez. 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719 p.

TERRA, W. R.; VALENTIN, A.; SANTOS, C. D. Utilization of sugars, hemicellulose, starch, protein, fat and minerals by *Erinnyis ello* larvae and the digestive role of their midgut hidrolases. **Insect Biochemistry**, London, v. 17, n. 8, p. 1143-1147, Aug. 1987.

TERRA. Disponível em:<<http://www.terra.com.br/culinaria/abc/g.htm>>. Acesso em: 18 mar. 2010.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap.1, p. 2-51.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. **Tabela brasileira de composição de alimentos**: versão II. Campinas: NEPA, 2006. 105 p.

VILA, M. T. R.; LIMA, L. C. O.; BOAS, E. V. B. V.; HOJO, E. T. D.; RODRIGUES, R. J.; PAULA, N. R. F. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, out./nov. 2007.

VILA, M. T. R.; LIMA, L. C. O.; BOAS, E. V. B. V.; HOJO, E. T. D.; RODRIGUES, R. J.; PAULA, N. R. F. Textura de goiabas 'Pedro Sato' submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 113-118, jan./fev. 2004.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Manual do saneste**: sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas: UFPel, 1991. 102 p.

CAPÍTULO 3

PADRÃO DE AMADURECIMENTO DE GOIABA cv. “PEDRO SATO”

1 RESUMO

A classificação dos frutos como climatéricos e não climatéricos é essencial para definir o ponto de colheita e as técnicas de manipulação e armazenamento dos frutos. Como goiaba é um fruto com altas taxas de respiração e uma vida útil muito curta, e como as informações sobre o padrão respiratório de goiabas são contraditórias, objetivou-se estudar mudanças ocorridas no fruto durante o amadurecimento e relacioná-las ao comportamento respiratório desses frutos. Foram colhidas goiabas no estágio “de vez” e armazenadas por 8 dias a temperatura ambiente ($22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $78\% \pm 1\%$). As análises realizadas no dia da colheita (dia 0) e a cada dia do armazenamento (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8 dias) foram: coloração da casca e polpa, firmeza, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e produção de etileno. Pelos resultados verificou-se que todos os parâmetros analisados aparentemente não coincidem e independem da síntese de etileno. A produção de etileno durante o amadurecimento da goiaba seguiu uma equação quadrática, com aumento acentuado na sua síntese a partir do 4^o dia. Até o 8^o dia (último dia de análise), com os frutos já em fase de decomposição, a síntese do etileno continuava aumentando. A firmeza diminuiu segundo uma curva quadrática, porém no 4^o-dia de amadurecimento, os frutos já se encontravam quase tão macios quanto no 8^o dia de amadurecimento. As cores da casca e polpa também alteraram com o amadurecimento, seguindo equações quadráticas; porém, a alteração de cor da casca é mais lenta que a da polpa, que no 4^o dia já apresentava a mesma cor que no 8^o dia de amadurecimento. Os sólidos solúveis totais e a acidez total titulável praticamente não variaram durante os 8 dias de análise, mantendo uma relação SST/ATT constante durante o amadurecimento, mesmo com o aumento da produção de etileno a partir do 4^o dia. Assim, a goiaba é um fruto que apresenta características de frutos climatéricos (produção de etileno, perda de firmeza e alteração de cor) e de frutos não climatéricos (sólidos solúveis totais e acidez total titulável), embora essas mudanças aparentemente não estejam associadas com a produção de etileno.

Termos para indexação: *Psidium guajava*, amadurecimento, etileno.

RIPENING STANDARD OF GUAVAS CV. “PEDRO SATO”

2 ABSTRACT

The classification of fruits as climacteric and non-climacteric is essential to define their harvest point and manipulation and storage techniques. Since guava is a fruit with high respiration rates and a very short shelf life, and, as the information on the respiration pattern of guavas is contradictory, the objective was to study changes occurring in the fruit during ripening and to relate them to their respiration behavior. Guavas were picked in the “semi-ripe” stage and stored for 8 days at room temperature ($22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of $78\% \pm 1\%$). The analyses conducted on the harvest day (0) and each day of storage (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 days) were: peel and pulp coloration, firmness, total soluble solids (TSS), total titratable acidity (TTA) and ethylene production. The results showed that all of the parameters analyzed apparently do not coincide nor depend on the ethylene synthesis. The ethylene production during ripening of the guava followed a quadratic equation with an accentuated increase in its synthesis starting from the 4th day. Until the 8th day (last day of analysis), with the fruits already in the decomposition phase, the ethylene synthesis continued increasing. The firmness decreased according to a quadratic curve, however on the 4th day of ripening the fruits were already almost as soft as on the 8th day. The peel and pulp color also altered with the ripening following quadratic equations, however, the peel color alteration is slower than that of pulp, which on the 4th day already presented the same color as on the 8th day of ripening. The total soluble solids and the total titratable acidity practically did not vary during the 8 days of analysis, maintaining a constant SST/ATT ratio during ripening even with the increase of ethylene production starting from the 4th day. Therefore, the guava is a fruit that presents climacteric fruit characteristics (ethylene production, loss of firmness and color alteration) and non-climacteric (total soluble solids and total titratable acidity) although those changes seemingly are not associated with the ethylene production.

Index terms: *Psidium guajava*, ripening, ethylene.

3 INTRODUÇÃO

A goiaba (*Psidium guajava* L.), entre as frutas tradicionais, destaca-se pelo seu valor nutritivo como excelente fonte de vitamina C e pela grande aceitação para o consumo “*in natura*” ou na forma processada.

O Brasil é o maior produtor mundial de goiabas vermelhas, e a exportação é da ordem de 700 toneladas de produtos derivados da goiaba (Mendonça et al., 2007). Em 2006, a produção foi de aproximadamente 328.255 toneladas, em uma área de 14.982 ha, e essa produção concentrou-se, principalmente, nas Regiões Sudeste e Nordeste, sendo os estados de São Paulo e Pernambuco os maiores produtores (IBGE 2008).

A goiaba é um fruto com altas taxas de respiração e uma vida útil muito curta após a colheita, resultado da perda de firmeza da polpa, o que limita o período de transporte e armazenamento. Esse é um aspecto que dificulta ou até mesmo impossibilita o envio de frutos a mercados consumidores distantes (Xisto et al., 2004).

Diversos tratamentos pós-colheita têm sido testados em goiabas e, embora muitos desses tratamentos sejam eficientes em retardar a maturação e conservar a qualidade dos frutos, alguns interferem nas características sensoriais do fruto e outros estendem a vida útil de forma economicamente inexpressiva, ou deixam resíduos químicos (Oliveira et al., 2006).

A armazenagem refrigerada é o principal tratamento pós-colheita para o controle da maturação e deterioração dos frutos, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos associados; no entanto, assim como a maioria dos frutos tropicais e subtropicais, a sensibilidade ao frio pode desenvolver desordens fisiológicas, dependendo da temperatura e do período de armazenagem.

O conhecimento das características de qualidade da goiaba para o consumo *in natura* estão relacionados com seus atributos físicos (aparência, tamanho, forma, coloração e firmeza) e composição química (SST, ATT), responsável pelo sabor e aroma. Essas características são fatores altamente relevantes, uma vez que eles são utilizados como referência para a sua aceitabilidade das mesmas no mercado nacional e internacional, mesmo sendo influenciadas pela variedade, estágio de maturação, condições climáticas do local de cultivo e práticas culturais.

O amadurecimento dos frutos corresponde a uma série de fatores e mudanças fisiológicas, bioquímicas e estruturais (mudanças na cor, na firmeza, na produção de compostos voláteis, no acúmulo de açúcares, na oxidação de ácidos orgânicos e na diminuição de alcaloides) (Rhodes, 1980). De todos esses fatores, a firmeza é o atributo de maior importância, porque além de definir a qualidade do fruto para o consumo "*in natura*" e para o processamento, contribui para sua vida útil pós-colheita, pois auxilia na resistência ao transporte e ao ataque de micro-organismos. A diminuição da firmeza durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e degradação dos componentes da parede celular (Carvalho et al., 2001), bem como à diminuição da integridade do fruto (Chitarra & Chitarra, 2005).

Os frutos são geralmente divididos em dois grupos, de acordo com seu padrão respiratório: climatéricos e não climatéricos. Em frutos climatéricos, como banana e tomate, o começo do amadurecimento está associado a um aumento da atividade respiratória e da biossíntese de etileno. Frutos não-climatéricos não apresentam aumento da produção de etileno e da atividade respiratória durante o amadurecimento, não possuem a capacidade de amadurecer depois da colheita e não melhoram o sabor (Chitarra & Chitarra, 2005).

A classificação dos frutos como climatéricos ou não climatérico é essencial para definir o ponto de colheita, técnicas de manipulação e de armazenamento que podem ser usadas para prolongar a vida pós-colheita (Archbold & Pomper, 2003).

As informações sobre o padrão respiratório de goiabas (*Psidium guajava* L.) são contraditórias. Por apresentar uma ou mais características de frutos não climatéricos, alguns autores consideram a goiaba como um fruto desse grupo (Biale & Barcus, 1970; Medina et al., 1978; Chitarra & Chitarra, 1990); no entanto outros autores, Akamine & Goo (1979), Brown & Wills (1983), Oliveira (1996), Lima et al. (1998), Mercado-Silva et al. (1998), Azzoline (2005) e Mendonça et al. (2007) classificam a goiaba como fruto climatérico, por apresentar um aumento na taxa respiratória e produção elevada de etileno após a colheita (pico climatérico), o que lhe confere alta perecibilidade sob condições ambientais.

Como visto, as informações sobre o padrão respiratório das goiabas são contraditórias, assim, objetivou-se neste trabalho estudar mudanças físicas e químicas ocorridas no fruto durante o amadurecimento e relacioná-las à produção de etileno.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Procedência e colheita dos frutos

As goiabas (*Psidium guajava* L.) da cv. “Pedro Sato” foram colhidas manualmente no início da manhã, no estágio de amadurecimento “de vez” (coloração verde claro) em um pomar comercial situado no município de Lavras, Minas Gerais, altitude 845 m, latitude 21,15° Sul, longitude 45,22° Oeste, e acondicionadas em caixas de polietileno previamente esterilizadas e transportadas ao Laboratório de Bioquímica do Departamento de Química (DQI) da Universidade Federal de Lavras/MG.

Os frutos foram selecionados, lavados em água corrente e imersos em solução de hipoclorito de sódio a 1% a 20°C por 5 minutos para desinfecção. Após secagem da solução de hipoclorito, os frutos foram numerados, colocados em uma estante no laboratório e mantidos por um período de 8 dias à temperatura e umidade relativa de 22°C ± 1°C e 78% ± 1%, respectivamente.

4.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo 8 tratamentos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8 dias de amadurecimento). A parcela experimental foi composta de 3 frutos com 4 repetições para cada tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância por meio do software SANEST (Zonta & Machado, 1991). Foram feitas análises de regressão e os modelos polinomiais foram selecionados, observando-se a significância do teste F para cada modelo e seus respectivos coeficientes de determinação.

4.3 Análises físicas

4.3.1 Coloração

A coloração da casca e polpa foi determinada por meio de colorímetro Color Meter-Minolta modelo CR 300, fazendo-se 3 leituras em cada um dos 3 frutos de cada repetição, que foram expressas no módulo L^* , a^* e b^* , conforme o Sistema de Cores CIE 1976, permitindo caracterizar a coloração pelo parâmetro de ângulo de cor ou ângulo Hue (h°), determinado pela expressão $\tan^{-1}(b^*/a^*)$. O aparelho foi calibrado com iluminante D65 (6900°K), abertura de 10° , equivalente à luz do dia, modo de leitura transmissão regular, calibrado em placa de porcelana de referência branca (C6299 Hunter Color Standard) (Minolta, 1994).

4.3.2 Firmeza

A firmeza foi determinada com penetrômetro digital (TA – XT2 i[®] texture analyzer), com ponteira plana com 3 mm de diâmetro, fazendo-se três leituras, equidistantes, na região equatorial dos 3 frutos de cada repetição. Os resultados foram expressos em Newton (N).

4.4 Análises físico-químicas e químicas

4.4.1 Sólidos solúveis totais (SST)

Dos 12 frutos utilizados nas análises físicas (4 repetições de 3 frutos cada) em cada dia de análise, removeu-se o endocarpo, e a polpa foi picada em pedaços de aproximadamente 1 cm^3 e misturados, dos quais 10 g foram homogeneizados em homogeneizador mecânico tipo politron, com 40 mL de água e filtrado em papel de filtro. Os sólidos solúveis totais foram determinados pela adição de 2 gotas do filtrado em refratômetro digital (modelo REF 121), com variação de 0-45% com compensação automática de temperatura a $25\text{ }^\circ\text{C}$. Os resultados foram expressos em porcentagem (%), segundo a AOAC (2002).

4.4.2 Acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável foi determinada em duplicata, homogeneizando uma massa de 10 g de polpa, como descrito anteriormente. Ao filtrado utilizado na determinação dos SST foram adicionadas três gotas de fenolftaleína 1%, e titulando-se com solução de NaOH 0,1 N, previamente padronizada, até atingir o ponto de viragem do indicador. Os resultados foram calculados e expressos em porcentagem (%) de ácido cítrico (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

4.5 Etileno

Um experimento foi conduzido paralelamente para quantificar a produção de etileno de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante amadurecimento à temperatura ambiente.

Dos frutos colhidos, pesados e desinfetados conforme descrito anteriormente, foram selecionadas 16 goiabas e acondicionadas em 8 recipientes de vidro de volume conhecido (1,7 L) sem tampa (2 frutos por recipiente) e deixados em estante, juntamente com os frutos utilizados nas análises físicas e físico-químicas, por um período de amadurecimento de 9 dias (a primeira análise do etileno foi realizada 24 horas após a colheita). Para a quantificação do etileno produzido pelos 2 frutos de goiaba, de massa conhecida, em cada dia de amadurecimento, os recipientes foram hermeticamente tampados e após o período de 1 hora, suas atmosferas foram coletadas utilizando tubo a vácuo de 10 mL, por um período de 1 minuto. Uma alíquota de 0,5 mL dessa atmosfera coletada foi injetada em cromatógrafo gasoso (Shimadzu GC-14B) equipado com detector de ionização de chamas e nas seguintes condições: coluna empacotada Porapak Q; temperatura do injetor de 250°C; temperatura do detector de 280 °C; programação da coluna com temperatura inicial de 90 °C, sendo a temperatura da coluna acrescida após 4,5 minutos a uma taxa de 100 °C a cada minuto, até atingir 220 °C para limpeza da coluna; gás de arraste

nitrogênio, com fluxo e pressão da coluna de 20 mL min^{-1} e $0,1 \text{ psi}$, respectivamente. A área do pico do etileno foi comparada com a área de picos obtidos de padrões com concentrações conhecidas, e a concentração de etileno, calculada. Os resultados foram expressos em μL de etileno produzido por quilograma de goiaba, durante uma hora de amadurecimento ($\mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) sendo 8 tratamentos (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 dias de amadurecimento). A parcela experimental foi composta por 2 frascos com 2 frutos cada um, com 4 repetições, perfazendo um total de 8 frascos e 16 frutos.

A quantificação do etileno em cada tratamento foi realizada a partir de 2 coletas diárias (início da manhã e final da tarde) por frasco, totalizando 4 coletas por repetição.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de etileno em goiabas cv. “Pedro Sato” durante amadurecimento à temperatura ambiente está mostrada na Figura 1. A síntese de etileno nos primeiros 4 dias de amadurecimento é praticamente constante (aproximadamente $0,1 \mu\text{L de etileno kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) e, a partir daí, começa um grande aumento em sua síntese, até alcançar aproximadamente $5 \mu\text{L kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ no 9º dia de amadurecimento, quando os frutos já se encontravam em senescência.

Os resultados obtidos são coincidentes com os encontrados por Akamine & Goo (1979), Mattiuz (2002) e Azzolini (2005); porém, em relação à variedade “Pedro Sato”, os trabalhos apresentam algumas divergências. Para Lima et al. (1998), a goiaba cv. “Pedro Sato”, quando colhida no estágio ‘de vez’, apresenta pico respiratório três dias após a colheita, ao passo que Mattiuz (2002) relata que, quando colhidas em estágio ‘de vez’ e armazenadas à temperatura ambiente, apresentam aumento constante da atividade respiratória até sete dias após a colheita, período em que os frutos apresentaram elevado grau de senescência.

Não se observou claramente um pico de produção de etileno durante amadurecimento e, sim, uma elevação constante, que se iniciou no 4º dia de amadurecimento. Tendo em vista a definição de frutos climatéricos e não climatéricos, em relação à produção de etileno, a goiaba cv. “Pedro Sato” não se enquadra na definição de frutos climatéricos. Como a produção máxima do etileno ocorre em um estágio muito avançado de amadurecimento, no 9º dia de armazenamento, quando o fruto já não apresenta mais condições de consumo “*in natura*”, o aumento acentuado a partir do quarto dia de amadurecimento deve estar associado a outras atividades fisiológicas diferentes daquelas costumeiramente associadas à qualidade e aroma dos frutos, como a coloração,

textura, sólidos solúveis totais e a acidez total titulável, podendo-se inferir que sua síntese esteja associada a outros fatores, como a produção de compostos voláteis, que podem ser atrativos de insetos e pássaros, a fim de promover a decomposição do fruto e a disseminação de suas sementes para propagação da espécie.

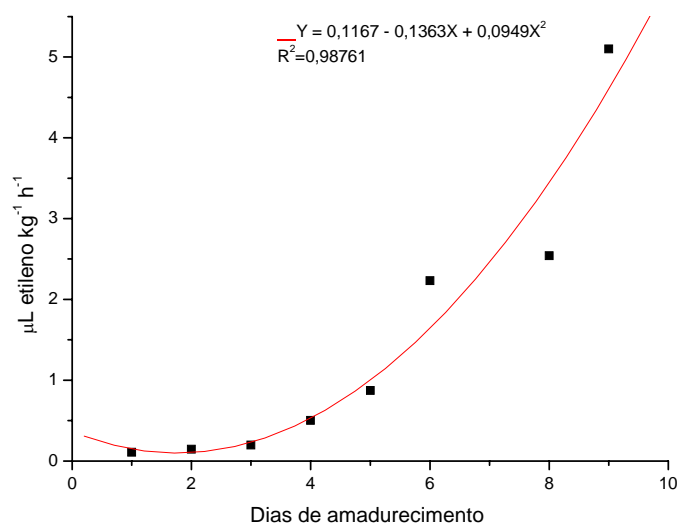


FIGURA 1 Produção de etileno de goiabas cv. “Pedro Sato” durante nove dias de armazenamento em condições ambientais.

O ângulo de cor Hue (h°) é uma medida em que se atribui valor 0° para a cor vermelha, 90° para a amarela, 180° para a verde e 270° para a azul. Os valores do ângulo hue ou de cor (h°) da polpa e da casca de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante oito dias de armazenamento sob condições ambientais, estão apresentados nas Figuras 2 e 3. Os valores de ângulo hue (h°) diminuíram com o decorrer do amadurecimento, seguindo uma equação quadrática, indicando a

diminuição da cor verde e o aparecimento da cor amarela, característico do amadurecimento de frutos climatéricos. O mesmo comportamento foi observado para a cor da polpa com a diminuição do ângulo h° , correspondente à cor rosa para vermelho intenso. A diminuição dos valores de ângulo hue da casca e polpa não coincidem com o aumento da produção de etileno, pois, nos primeiros 4 dias, a diminuição de coloração da casca e da polpa foram intensas, enquanto a síntese do etileno ainda estava praticamente constante. Esse fato pode ser ainda mais notado na cor da polpa, pois no 4º dia, quando iniciou-se o aumento na produção de etileno, a cor da polpa já havia atingido o menor valor de ângulo hue.

Valores do ângulo h° coincidem com os resultados encontrados por Mercado-Silva et al. (1998), Bassetto et al. (2005) e Mendonça et al. (2007).

A coloração do fruto é, sem dúvida, o critério mais utilizado pelo consumidor para a escolha de um fruto para o consumo, da mesma forma que ocorre para os animais dispersores de sementes.

O amaciamento ou perda de firmeza do fruto, depois da alteração da cor, representa a mudança mais importante que ocorre no seu processo de amadurecimento (Awad, 1993; Oliveira et al., 2006).

A diminuição da firmeza de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante o amadurecimento à temperatura ambiente, é mais bem explicada por uma equação quadrática (Figura 4), devendo salientar que no dia da colheita (frutos “de vez” casca verde claro) a firmeza foi de 11N e diminuiu acentuadamente até o 4º dia de amadurecimento (3N redução de 73%), com os frutos já macios.

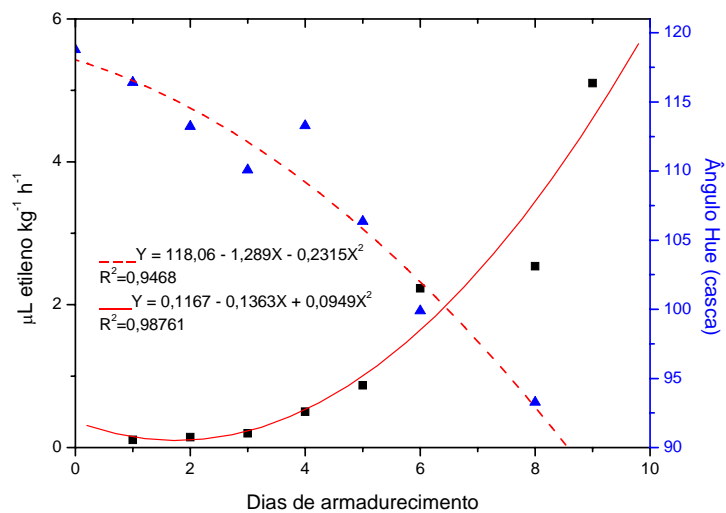


FIGURA 2 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de hue da casca (▲) e etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante oito dias de armazenamento sob condições ambientais.

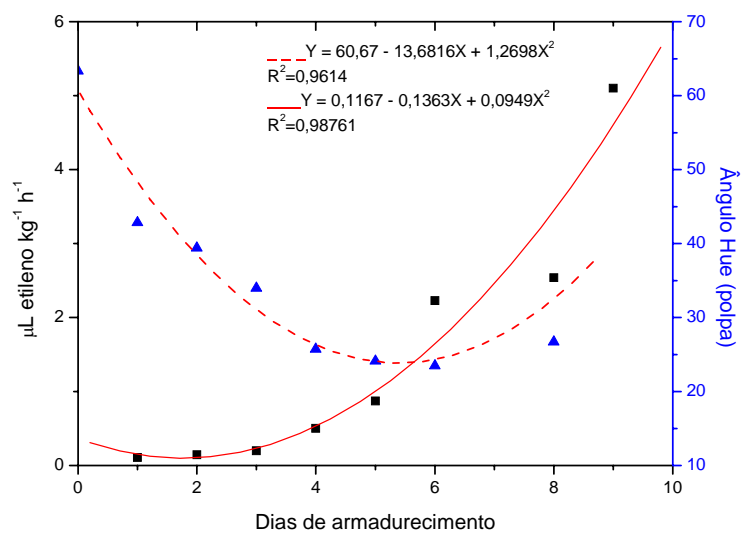


FIGURA 3 Curvas e equações de regressão representativas dos valores de hue da polpa (▲) e etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante oito dias de armazenamento sob condições ambientais.

Pesquisadores que analisaram a firmeza de goiabas cv. “Pedro Sato” durante o amadurecimento à temperatura ambiente apresentaram resultados semelhantes (Lima, 2004; Xisto et al., 2004). Alguns resultados apresentados na literatura para outras cultivares de goiaba, foram semelhantes, com variação de 75% em goiabas ‘Cortibel 1’ e ‘Cortibel 4’ (Mendonça et al., 2007), 83% em goiabas cv. “Allahabad Safeda” (Sing & Pal, 2008) e outros bem diferentes, com variações da firmeza de 34% entre 3^o e 7^o dia de amadurecimento, para cultivar Média China (Mercado-Silva et al., 1998), ao passo que a cultivar Kumagai mostrou variações de apenas 25% entre o 1^o e 10^o dia de amadurecimento (Carvalho et al., 2001). Deve-se salientar que a cultivar kumagai é considerada de longa vida de prateleira.

A firmeza dos frutos verdes e maduros é devida principalmente aos polímeros de pectina, que podem estar metiladas e com graus variados de metilação (Kertesz, 1951; Fertonani, 2006), podendo estar ligados a íons, principalmente Ca^{++} , que mantêm cadeias adjacentes unidas entre si, ou ainda podem apresentar suas cadeias glicosídicas interligadas entre si por compostos fenólicos (Taiz & Zeiger, 2004).

A perda de firmeza durante o amadurecimento dos frutos é devido à atividade de enzimas hidrolíticas que promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular, principalmente a atividade de pectinametilesterases (PME) e poligalacturonases (PG) (Tucker, 1993; Jain et al., 2001; Oliveira, et al., 2006). Considerando que a goiaba cv. “Pedro Sato” não apresenta atividade de poligalacturonase (Linhares et al., 2007), a explicação para a rápida diminuição da firmeza permanece ainda inexplicável. A existência de alta atividade de esterases em membrana celular/parede celular de miolos de goiaba (Linhares et al., 2007) pode sugerir que a rápida diminuição da firmeza ocorre por outros processos diferentes da hidrólise dos ácidos poligalacturônicos.

Deve-se salientar ainda que a rápida diminuição da firmeza também não coincide com o aumento da síntese de etileno, uma vez que até o 4º dia de amadurecimento, quando houve redução de 73%, a quantidade de etileno produzida era baixa e constante (Figura 4). O que ainda não está claro é se a quantidade de etileno no fruto de goiaba nesses primeiros dias de amadurecimento já é suficiente para provocar todas as transformações na firmeza, conforme cita Abeles et al. (1992).

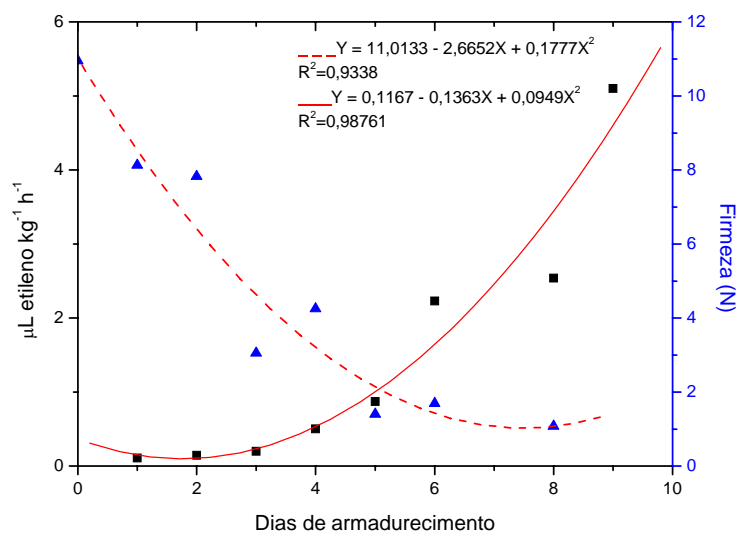


FIGURA 4 Variação da firmeza (▲) e do etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato” durante armazenamento em condições ambientais.

Os sólidos solúveis totais (SST) não variaram com o amadurecimento das goiabas cv. “Pedro Sato” e apresentaram um teor médio de 7,6° Brix (Figura 5), concordando com os resultados encontrados por Jacomino et al. (2000) e Xisto et al. (2004). Entretanto, teores situados entre 4,8 a 15,9% foram citados

na literatura (Paiva, 1994; Mohamed et al., 1994; Chitarra, 1996; Gerhardt et al., 1997; Mercado-Silva et al., 1998; Lima et al., 1999; Mendonça et al., 2007), dependendo, porém, de variedade, condições climáticas nas quais os frutos foram cultivados e estágio de maturação.

O comportamento dos sólidos solúveis totais com o amadurecimento de frutos climatéricos consiste em um aumento muito significativo em frutos amiláceos, resultantes principalmente da conversão do amido em açúcares simples, como glicose, frutose e sacarose, provocando, conseqüentemente, alterações no sabor (aumentando a doçura) (Esteves & Carvalho, 1982; Chitarra & Chitarra, 2005).

No amadurecimento de goiaba cv. “Pedro Sato”, não houve variação no teor de sólidos solúveis totais, não coincidindo também com o aumento na produção de etileno a partir do 4º dia.

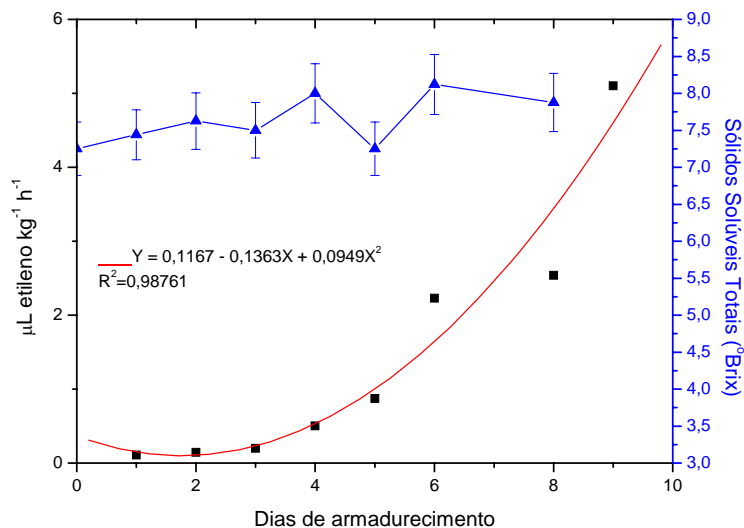


FIGURA 5 Teores médios de sólidos solúveis totais (▲), curva e equação de regressão representativas dos valores de etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato” durante armazenamento em condições ambientais.

A acidez total titulável (ATT), como os sólidos solúveis totais (SST), também não variou com o amadurecimento de goiabas cv. “Pedro Sato”, apresentando um teor médio de 0,5 g 100 g⁻¹ de polpa (Figura 6), mesmo valor encontrado por Azzoline (2002) para essa cultivar, em diferentes estágios de amadurecimento. Embora não tenham encontrado variação na ATT, Gehardt et al. (1997) citam que ela pode variar de 0,24 a 1,79 mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa, dependendo também de outros fatores, como variedade e condições climáticas.

Nos frutos climatéricos, a acidez total titulável normalmente diminui com o amadurecimento, devido à utilização dos ácidos orgânicos, além dos açúcares, como substrato da respiração (Chitarra & Chitarra, 2005). No amadurecimento das goiabas cv. “Pedro Sato”, não se observou coincidência do comportamento da acidez e produção de etileno.

Analisando essa característica, constata-se que as goiabas cv. “Pedro Sato”, também não se apresentam como frutos climatéricos.

A classificação dos frutos em climatéricos e não climatéricos é uma grande simplificação do processo de amadurecimento (Abdi et al., 1998). Controvérsias a respeito dessa classificação já foram citadas na literatura, para pêssegos (Abdi et al., 1997), peras (Downs et al., 1991) e goiaba, em particular, que foi classificada como fruto climatérico (Akamine & Goo, 1979; Brown & Wills, 1983; Oliveira, 1996; Mercado-Silva et al., 1998; Lima et al., 1998); Azzoline, 2005, Mendonça et al., 2007) e não climatérico (Biale & Barcus, 1970; Medina et al.; 1998; Chitarra & Chitarra, 2005).

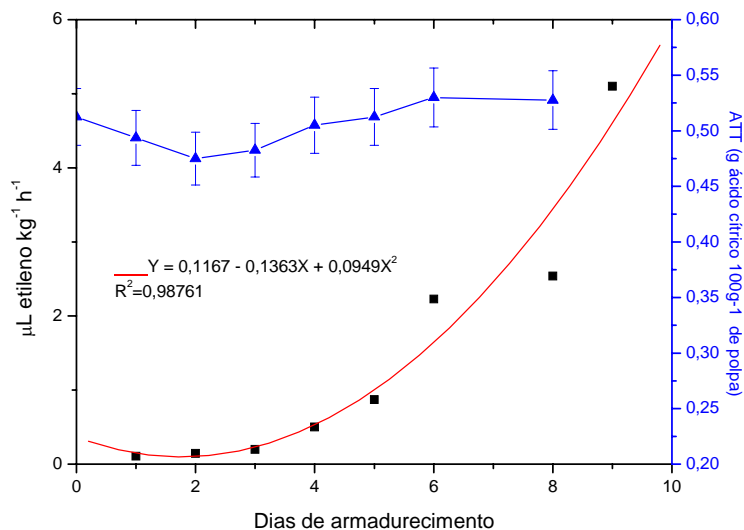


FIGURA 6 Acidez total titulável (▲) e produção de etileno (■) de goiabas cv “Pedro Sato”, durante armazenamento em condições ambientais.

No presente trabalho, a goiaba colhida no estágio “de vez” apresentou grande alteração da cor e perda da firmeza, características de frutos climatéricos e teores constantes de SST e ATT, características de frutos não climatéricos. Além disso, em relação à produção de etileno, os frutos climatéricos apresentam um pico de produção que pode ou não coincidir com a elevação da taxa respiratória. Neste estudo, observou-se um aumento na produção de etileno, que se iniciou no 4º dia, permanecendo essa elevação até o 9º dia, sem apresentar um pico de produção, coincidente com mudanças na cor, firmeza, ATT e SST. Entretanto, a goiaba torna-se apta ao consumo após a colheita, ou seja, amadurece após destacadas da planta-mãe.

Dessa forma, constata-se que a classificação dos frutos em apenas climatéricos e não climatéricos não contempla o comportamento fisiológico que ocorreu em goiabas e que uma proposta de nova classe que englobe esses

comportamentos torna-se imprescindível para uma determinada espécie, variedade e/ou cultivar.

Agradecimentos

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, e ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI, N. Ripening behaviour and responses to propylene in four cultivares of Japanese type plums. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 12, n. 1, p. 21-34, Aug. 1997.

ABDI, N.; MCGLASSON, W. B.; HOLFORD, P.; WILLIAMS, M.; MIZRAHI, Y. Responses of climacteric and suppressed-climacteric plums to treatment with propylene and 1- methylcyclopropene. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 14, n. 1, p. 29-39, Sept. 1998.

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, Dec. 1979.

ARCHBOLD, D. D.; POMPER, K. W. Ripening pawpaw fruit exhibit respiratory and ethylene climacterics. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 30, n. 1, p. 99-103, Oct. 2003.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 12. ed. Washington, 2002. 1115 p.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

AZZOLINI, M. **Fisiologia pós-colheita de goiabas 'Pedro Sato'**: estádios de maturação e padrão respiratório. Piracicaba: ESALQ, 2002. 100 p.

AZZOLINI, M. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 17, n. 3, p. 299-306, Sept. 2005.

BIALE, J. B.; BARCUS, D. E. Respiratory patterns in tropical fruits of the amazon Basin. **Tropical Science**, London, v. 7, n. 2, p. 93-104, Feb. 1970.

BROWN, B. I.; WILLS, R. B. H. Post-harvest changes in guava fruit of different maturing. **Scientia Horticulturae**, v.19, n.3/4, p.237-243, 1983.

CALORE, L.; VIEITES, R. L. Conservação de pêssegos “Biuti” por irradiação. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 53-57, jan./abr. 2003.

CARVALHO, H. A. de.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MENEZES, J. B. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, maio/jun. 2001.

CARVALHO, H. A. Eficiência da concentração de cloreto de cálcio e do tempo de imersão no tratamento pós-colheita de goiaba branca cv. Kumagai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 20, n. 3, p. 375-381, dez. 2001.

CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de goiaba “Kumagai”**. 1999. 115 p. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

CARVALHO, V. D. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 48-54, fev. 1994.

CHAN JÚNIOR, H. T.; KWOK, S. C. M. Identification and determination of sugars in some tropical fruit products. **Journal of food Science**, Chicago, v. 40, n. 2 p. 419-420, Mar. 1976.

CHITARRA, M. I. F. Características das frutas de exportação. In: GONGATTI NETO, A.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G. **Goiaba para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: Embrapa, 1996. Cap.1, p. 9-11. (Frupep, 20).

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

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

DALAL, V. B.; EIPERSON, W. E.; SINGH, N. S. Wax emulsion for fresh fruits and vegetables to extend their storage life. **Indian Food Packer**, New Delhi, v. 25, n. 2, p. 9-15, Apr. 1971.

DOWNS, C. G.; BRADY, C. J.; CAMPBELL, J.; MCGLASSOM, W. B. Normal ripening cultivars of *Pyrus serotina* are either climateric or non-climateric. **Science Horticulturae**, Amsterdam, v. 48, n. 3/4, p. 125-130, Apr. 1991.

DURIGAN, J. F. Colheita, conservação e embalagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1997. p. 149-158.

ESTEVES, M. T. da C.; CARVALHO, V. D. de. Modificações nos teores de amido, açúcares e grau de doçura de frutos de seis cultivares de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 208-218, ago. 1982.

FERTONANI, H. C. R. **Estabelecimento de um modelo de extração àcida de pectina de bagaço de maçã**. 2006. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

GERHARDT, L. B. A.; MANICA, I.; KIST, H.; SIELER, R. L. Características físico- químicas dos frutos de quatro cultivares e três clones de goiabeira em Porto Lucena, RS. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 185-192, fev. 1997.

GONGATTI NETO, A.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G. **Goiaba para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: Embrapa, 1996. 35 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: IAL, 1985. 533 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 1 jun. 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 ago. 2009.

JACOMINO, A. P.; SARANTÓPOULOS, C. I. G. de L.; SIGRIST, J. M. M.; KLUGE, R. A.; MINAMI, K. Armazenamento de goiabas 'Kumagai' sob diferentes temperaturas de refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 165-169, Nov. 2000.

JAIN, N.; DHAWAN, K.; MALHOTRA, S.P.; SIDDIQUI, S.; SINGH, R. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava L.*) fruits during ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 357-362, Sept. 2001.

KERTESZ, Z. I. **The pectic substances**. New York: Interscience, 1951. 628 p.

LIMA, A. V. **Qualidade pós-colheita da goiaba “Pedro Sato” tratada com Ca ‘CI IND.2’ e 1-MCP em condições ambiente**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LIMA, M. A.; DURIGAN, J. F.; PEREIRA, F. M.; FERRAUDO, A. S. Caracterização físico-química dos frutos de 19 genótipos de goiabeira, obtidos na FCAV-UNESP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 21, n.3, p.252-257, dez. 1999.

LIMA, M. A.; DURIGAN, J. F.; TOSTES, D. R. D. Avaliação do comportamento respiratório de goiabas ‘Pedro Sato’ e a influência de diferentes embalagens na sua conservação sob refrigeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998. Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. p. 1980-1983.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “Pedro Sato” tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 829-841, maio/jun. 2007.

LUTZ, J. M.; HARDENBURG, R. E. **The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks**. Baltimore: Department Agriculture, 1968. (Agriculture Handbook, 66).

MATTIUZ, B. **Fisiologia e qualidade pós colheita de goiabas**. 2002. 118 p. Tese (Doutorado Ciências Agrárias) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal.

MEDINA, J. C.; CASTRO, J. V. de.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; KATO, K.; MAIA, M. L.; GARCIA, A. E. B.; FERNANDES, R. S. S. **Goiaba: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1988. 224 p. (Série Frutas Tropicais, 6).

MENDONÇA, R. D.; FERREIRA, K. S.; SOUZA, L. M.; MARINHO, C. S.; TEIXEIRA, L. S. Características físicas e químicas de goiabas ‘cortibel 1’ e ‘cortibel 4’ armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007.

MERCADO-SILVA, E.; BAUTISTA, P. B.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 143-150, Apr. 1998.

MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey: Konica Minolta Sensing, 1994.

MOHAMED, S.; KYI, K. M. M.; YUSOF, S. Effects of various surface treatments on the storage life of guava (*Psidium guajava* L.) at 10°C. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 66, n. 1, p. 9-11, Sept. 1994.

OETIKER, J. H.; YANG, S. F. The role of ethylene in fruit ripening. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 398, n. 1, p. 167-178, Jan. 1995.

OLIVEIRA, A. C. G.; ZANÃO, C. F. P.; ANICETO, A. P.; SPOTO, M. H. F.; BRAZACA, S. G. C.; WALDER, J. M. M. Conservação pós-colheita de goiaba branca kumagai por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-396, fev. 2006.

OLIVEIRA, M. A. **Utilização de película de mandioca como alternativa à cera comercial na conservação pós-colheita de frutos de goiaba (*Psidium guajava*)**. 1996. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

PAIVA, M. C. Competição entre quatro cultivares e três seleções de goiabeiras em Eldorado do Sul, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29 n. 6, p. 17-922, jun. 1994.

RHODES, M. J. C. The maturation and ripening of fruits. In: THIMANN, K. V.; ADELMAN, R. C.; ROTH, G. S. **Senescence in plants**. Florida: CRC, 1980. cap.8, p. 157-205.

SERRANO, M.; ROMERO, D. M.; CASTILLO, S.; GUILLÉN, F.; VALERO, D. Role of calcium and heat treatments in alleviating physiological changes induced by mechanical damage in plum. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 155-167, Nov. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap. 1, p. 2-51.

XISTO, A. L. R. P.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C. D. Textura de goiabas 'Pedro Sato' submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 113-118, jan./fev. 2004.

YAGI, M.I.; SALIH, O. M.; SALIH, S. M. Preliminary investigation on improving the quality of guava in the Sudan. **Sudan Journal Food Science Technology**, Khartoum, v. 9, n. 1, p. 11-14, Jan. 1977.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Manual do saneste**: sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas: UFPel, 1991. 102 p.

CAPÍTULO 4

HISTOQUÍMICA E MORFOANATOMIA EM FRUTOS DE GOIABA DURANTE AMADURECIMENTO

1 RESUMO

A goiaba é um fruto altamente perecível, com vida útil muito curta após a colheita (3 a 5 dias), resultado da perda de firmeza da polpa, devido ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, sob condições ambiente. A perda de firmeza durante o amadurecimento dos frutos e suas inúmeras transformações químicas são comumente relacionadas à ação de enzimas específicas capazes de degradar as substâncias pécticas, encontradas na parede celular e na lamela média das células do parênquima. As informações sobre a atividade dessas enzimas, bem como a quantidade de pectina, são contraditórias e não claramente definidas. Assim, objetivou-se monitorar as mudanças ocorridas no fruto durante o amadurecimento, por meio de processos físicos, histoquímicos e de microscopia de varredura. Foram colhidas goiabas no estágio “de vez” e armazenadas por 8 dias a uma temperatura de $22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e UR de $78\% \pm 1\%$. As análises realizadas no dia da colheita (dia 0) e a cada dia do armazenamento (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 dias) foram: firmeza, análises histoquímicas (cloreto férrico, lugol, comassie blue, vanilina clorídrica e vermelho de rutênio) observadas em microscópio ótico, e análise em microscópio eletrônico de varredura. Pelos resultados verificou-se grande quantidade de agrupamentos de esclereídeos (braquiesclereídeos ou células pétreas) no mesocarpo de goiabas cv. “Pedro Sato”, que foram corados inespecificamente por todos os corantes utilizados. O vermelho de rutênio também mostrou grande quantidade de pectina na parede celular no dia zero e a sua diminuição, da parede no decorrer do amadurecimento e seu acúmulo na região central da célula. A microscopia de varredura mostrou células estruturadas no início do amadurecimento e a perda dessa estrutura com o amadurecimento. Por meio dessas observações, infere-se que a pectina é o principal polímero responsável pela manutenção da firmeza na goiaba.

Termos para indexação: Pectina, amadurecimento, firmeza.

HISTOCHEMISTRY AND MORPHOANATOMY IN GUAVA FRUIT DURING RIPENING

2 ABSTRACT

The guava is a highly perishable fruit, with a very short postharvest shelf life (3 to 5 days), result of the pulp firmness loss, due to its intense metabolism during the ripening, under atmospheric conditions. The loss of firmness during the ripening of the fruits and their countless chemical transformations are commonly related the action of specific enzymes capable of degrading the pectic substances found in the cell wall and in the middle lamellae of the parenchyma cells. Information about the activity of those enzymes, as well as the amount of pectin is contradictory and not clearly defined. As a result, the objective was to monitor the changes occurring in the fruit during the ripening, through physical and histochemical processes and scanning electron microscopy. They guavas were picked at the "semi-mature" stage and stored for 8 days at a temperature of $22^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and RH of $78\% \pm 1\%$. The analyses conducted on the harvest day (0) and every day of the storage (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 days) were: firmness, histochemical analyses (ferric chloride, lugol, coomassie blue, vanillin hydrochloric and ruthenium red) observed in a light microscope and analyzed under scanning electron microscopy. The results showed large amount of sclereid groupings (brachy sclereids or stone cells) in the mesocarp of guavas cv. "Pedro Sato" that were nonspecifically stained by all the dyes used. The ruthenium red also showed high a amount of pectin in the cell wall at day zero and its decrease from the wall during ripening and its accumulation in the central area of the cell. The scanning electron microscopy showed structured cells at the beginning of the ripening and the loss of that structure with the ripening. Those observations suggest that the pectin is the main polymer responsible for the firmness maintenance in the guava.

Index terms: Pectin, ripening, firmness.

3 INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é um arbusto ou árvore pequena (2 a 7 metros de altura) da família Mirtáceae, que é composta por mais de 70 gêneros e 2.800 espécies, nativa de regiões tropicais e subtropicais das Américas, sendo cultivada no Brasil desde o Rio Grande do Sul até o Maranhão (Manica et al., 2000). O Brasil é o maior produtor mundial de goiabas vermelhas, e a exportação de produtos derivados da goiaba é da ordem de 700 toneladas (Mendonça et al., 2007). Em 2006, a produção foi de aproximadamente 328.255 toneladas, em uma área de 14.982 ha, sendo que essa produção concentrou-se, principalmente, nas Regiões Sudeste e Nordeste, sendo os Estados de São Paulo e Pernambuco os maiores produtores (IBGE 2008).

A goiaba apresenta grande aceitação para o consumo “*in natura*” ou na forma processada, sendo rica em nutrientes e considerada uma das melhores fontes de vitamina C, com valores 6 a 7 vezes superiores ao dos frutos cítricos. Apresenta também as vitaminas A e B, como a tiamina e a niacina, além de conter bons teores de P, Fe e Ca (Manica et al., 2000).

A goiaba é um fruto com altas taxas de respiração e uma vida útil muito curta após a colheita, resultado da perda de firmeza da polpa, o que limita o período de transporte e armazenamento. Esse é um aspecto que dificulta ou até mesmo impossibilita o envio de frutos a mercados consumidores distantes (Xisto et al., 2004). Altamente perecível, devido ao seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, a goiaba tem vida útil que pode chegar de 3 a 5 dias em temperatura ambiente (Carvalho, 1994; Durigan, 1997; Gongatti Neto et al., 1996; Azzoline, 2005).

O amadurecimento dos frutos corresponde a uma série de mudanças fisiológicas, bioquímicas e estruturais, que tornam o fruto atrativo para o

consumo, e entre todas as mudanças, a firmeza é um atributo da maior importância, porque além de definir a qualidade do fruto para o consumo “*in natura*” e para o processamento, contribui para sua vida útil pós-colheita, pois caracteriza a resistência ao transporte e ao ataque de micro-organismos. A diminuição da firmeza durante o amadurecimento tem sido atribuída a modificações e degradação dos componentes da parede celular (Carvalho et al., 2001), bem como à diminuição da integridade do fruto (Chitarra & Chitarra, 2005).

A firmeza consiste em um “conjunto de propriedades do fruto, compostas por características físicas perceptíveis pelo tato e que se relaciona com a deformação e/ou a desintegração do fruto, sob a aplicação de uma força”. Em frutas, o amaciamento dos tecidos é um dos primeiros sinais de amadurecimento, sendo relacionado com mudanças na estrutura e no metabolismo do fruto e a firmeza está diretamente associada não só com a composição e estrutura das paredes celulares, mas também relaciona-se com o “flavor”, porque há liberação de compostos presentes no fruto que são perceptíveis ao paladar (Chitarra & Chitarra, 2005). Para Xisto et al. (2004), a firmeza dos frutos é um atributo de qualidade estreitamente relacionado com a solubilização de substâncias pécicas que estão localizadas na parede celular e lamela média.

A perda de firmeza e as inúmeras transformações químicas que ocorrem durante o amadurecimento de frutos, principalmente relacionadas aos teores de carboidratos, ácidos orgânicos, fenólicos e pectinas, são comumente relacionadas à ação de enzimas específicas, como: pectinametilesterase (PME) e a poligalacturonase (PG), enzimas capazes de degradar as substâncias pécicas, encontradas na parede celular e na lamela média das células do parênquima de diversos frutos. Porém, em goiaba, não se encontra atividade de PG (Linhares et al., 2007), ou ela é muito baixa, tornando as informações sobre a atividade

dessas enzimas contraditórias e não claramente definidas, com relação ao amaciamento dos tecidos do fruto.

A técnica químico-histológica de identificação botânica de substâncias dos vegetais está baseada no uso de reagentes cito ou químicos-histológicos previamente estabelecidos, que auxilia na identificação da composição de estruturas vegetais (parede celular, epiderme, vacúolo, etc) e de compostos do metabolismo primário e secundário, mediante reações cromáticas. São métodos de análise qualitativa e quantitativa de todos os compostos celulares em que se distinguem substâncias de caráter lipofílico e hidrofílico. Como lipofílico, têm-se os lipídios totais; lipídios insaturados; ácidos graxos; terpenoides (óleos, resinas, esteroides, lactonas sesquiterpênicas); terpenoides com grupo carbonila; borracha ou látex e, como substâncias de caráter hidrofílico, os compostos fenólicos (flavonóides, taninos), ligninas, alcalóides, polissacarídeos, mucopolissacarídeos ácidos, amido, glicanos, mucilagens, calose, proteínas e pectinas (Pearse, 1960; Gersbach et al., 2001).

O amadurecimento de goiaba é um processo complexo, altamente coordenado em diversos níveis metabólicos correlacionados ao seu desenvolvimento na planta. O conhecimento das transformações ocorridas durante esse processo são importantes para melhor esclarecimento e para estabelecer bases científicas para o desenvolvimento de novas tecnologias de conservação pós-colheita, aumentando conseqüentemente, a vida útil desses frutos.

Diante do exposto, objetivou-se estudar mudanças ocorridas no fruto durante o amadurecimento, baseando-se na análise de firmeza, histoquímica e microscopia de varredura, para melhor entender as mudanças ocorridas no fruto durante esse processo.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Procedência e colheita dos frutos

As goiabas (*Psidium guajava* L.) da cv. “Pedro Sato” foram obtidas em um pomar comercial situado no município de Lavras, Minas Gerais, altitude 845 m, latitude 21,15° Sul, longitude 45,22° Oeste.

Foram colhidas manualmente no início da manhã, no estágio de amadurecimento “de vez” (coloração verde-clara) e acondicionadas em caixas de polietileno previamente esterilizadas e transportadas ao Laboratório de Anatomia Vegetal do Departamento de Biologia (DBI) da Universidade Federal de Lavras (UFLA) MG, para realização das análises.

4.2 Preparo dos frutos

Para realização dos testes histológicos, físico e de microscopia de varredura, os frutos colhidos e selecionados foram lavados em água corrente e separados em 9 grupos, de 12 frutos, para composição dos tratamentos. Todos os frutos foram imersos em solução de hipoclorito de sódio a 1% a 20°C por 5 minutos para desinfecção. Todos os frutos foram numerados, colocados em uma estante no laboratório e mantidos por um período de 8 dias, a uma temperatura e umidade relativa média de respectivamente, 22°C ± 1°C e 78% ± 1%.

4.3 Análise de firmeza

A firmeza foi determinada com penetrômetro digital (TA – XT2 i[®] texture analyzer), com ponteira plana com 3 mm de diâmetro, tomando-se em cada fruto três leituras, equidistantes, na região equatorial do fruto. Os resultados foram expressos em Newton (N).

4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), sendo 9 tratamentos (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 dias de amadurecimento). A parcela experimental foi composta de 3 frutos, com 4 repetições para cada tratamento. Os resultados foram submetidos à análise de variância por meio do software SANEST (Zonta & Machado, 1991). Foram feitas análises de regressão e os modelos polinomiais foram selecionados observando-se a significância do teste F para cada modelo e seus respectivos coeficientes de determinação.

4.5 Análises histoquímicas

Para realização dos testes histoquímicos, cortes transversais no mesocarpo dos frutos foram feitos manualmente com auxílio de lâminas de barbear, sendo esses, submetidos à clarificação com hipoclorito de sódio 50% e lavados em água destilada, neutralizados em água acética 1% e montados em glicerina 50%, após a coloração com corantes específicos, seguindo os métodos descritos na literatura. Dessa maneira, foram confeccionadas lâminas semipermanentes, que foram fotografadas em microscópio óptico Hen-A-Vision TT18, acoplado a uma câmera digital Canon Power Shot A630.

Os cortes foram submetidos a testes com: Cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos gerais segundo Gabe (1968); Lugol, segundo Jensen (1962), para identificação de amido; Comassie blue, segundo Gahan (1984), para identificação de proteínas; Vanilina clorídrica, segundo Mace & Howell (1974), para identificação de taninos, e Vermelho de rutênio, segundo Johansen (1940), para identificação de pectinas.

4.6 Preparo dos frutos para microscopia eletrônica de varredura (mev)

Os frutos colhidos e armazenados como descrito anteriormente foram também utilizados para o preparo e a observação em microscópio eletrônico de

varredura realizado no Laboratório de Microscopia Eletrônica e Análise Ultraestrutural (LME), no Departamento de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras. Depois de coletados, a polpa dos frutos (representantes dos respectivos dias de amadurecimento) foi cortada em fragmentos de 1 cm³ e imersos em solução fixativa Karnovsky (pH 7,2), por período de 24 horas. Após esse período, as amostras foram transferidas para tampão caccodilato e, em seguida, esses fragmentos foram transferidos para uma solução de tetróxido de ósmio (1%) por 1 hora e, subsequentemente, desidratadas em série de acetona (25%, 50%, 75%, 90% e 100%) por 10 minutos em cada concentração. Na concentração de 100%, o processo foi repetido 3 vezes. Após esse procedimento, os fragmentos foram levados para o aparelho de secagem ao ponto crítico, e montadas em suportes de alumínio “stubs” com fita de carbono colocada sobre película de papel-alumínio, cobertos com ouro e observados em microscópio eletrônico de varredura LEO EVO 40 (Alves, 2005).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O amaciamento ou perda de firmeza do fruto, depois da alteração da cor, representa a mudança mais importante que ocorre no seu processo de amadurecimento (Awad, 1993; Oliveira et al., 2006).

A diminuição da firmeza de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante amadurecimento à temperatura ambiente, é bem explicada por uma equação quadrática (Figura 1), devendo salientar que no dia da colheita (frutos “de vez” casca verde clara), a firmeza foi de 11N, diminuindo acentuadamente até o 4º dia de amadurecimento 3N (redução de 73%), estando os frutos já macios.

Pesquisadores que analisaram a firmeza de goiabas cv. “Pedro Sato” durante o amadurecimento à temperatura ambiente apresentaram resultados semelhantes (Lima, 2004; Xisto et al., 2004); entretanto, os resultados apresentados na literatura para outras cultivares de goiaba mostram alguns resultados também semelhantes, com variação de 75% para goiabas ‘Cortibel 1’ e ‘Cortibel 4’ (Mendonça et al., 2007); 83% em goiabas cv. “Allahabad Safeda” (Singh & Pal, 2008) e outros bem diferentes. Variações da firmeza de 34% foram encontrados entre 3º e 7º dia de amadurecimento para cultivar Média China (Mercado-Silva et al., 1998) enquanto a cultivar Kumagai mostrou variações de apenas 25% entre o 1º e 10º dia de amadurecimento (Carvalho et al., 2001). Deve-se salientar que essa cultivar é considerada de longa vida de prateleira.

As micrografias de varredura (Figura 2) do mesocarpo de goiaba cv. “Pedro Sato”, durante amadurecimento, mostram, como nas análises de textura, a acentuada diminuição de firmeza dos frutos. No dia zero (dia da colheita), as células apresentaram um formato de colmeia, com a parede celular preservada (Figura 2A). Nos dias subsequentes de amadurecimento, foi possível observar a

deformação gradativa da estrutura em colmeia e a formação de uma massa desuniforme de células (Figuras B a I).

A firmeza dos frutos verdes e maduros é devida principalmente aos polímeros de pectina, que podem estar metilados e com graus variados de metilação (Kertesz, 1951; Fertoni, 2006), podem estar ligados a íons, principalmente Ca^{++} , que mantêm cadeias adjacentes unidas entre si, ou ainda podem apresentar suas cadeias glicosídicas interligadas entre si por compostos fenólicos (Taiz & Zeiger, 2004).

A perda de firmeza durante o amadurecimento dos frutos é devida à atividade de enzimas hidrolíticas que promovem intensa solubilização das pectinas constituintes da parede celular, principalmente a atividade de pectinametilesterases (PME) e poligalacturonases (PG) (Tucher, 1993; Jain et al., 2001; Oliveira, et al., 2006). Considerando que a goiaba cv. “Pedro Sato” não apresenta atividade de poligalacturonase (Linhares et al., 2007), o mecanismo para a rápida diminuição da firmeza permanece ainda inexplicável. A existência de alta atividade de esterases em membrana celular/parede celular de endocarpo de goiaba (Linhares et al., 2007) pode sugerir que a rápida diminuição da firmeza ocorra por outros processos diferentes da hidrólise dos ácidos poligalacturônicos.

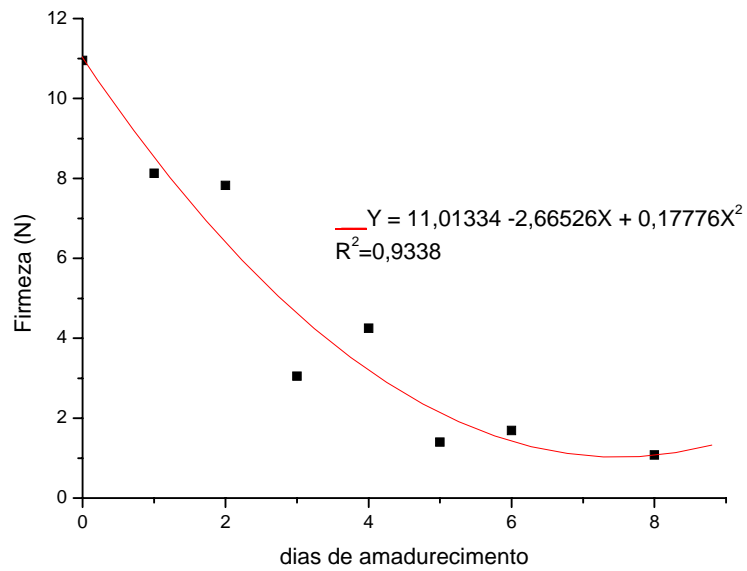


FIGURA 1 Curva e equação de regressão representativa dos valores de firmeza de goiabas cv “Pedro Sato” durante oito dias de armazenamento, sob condições ambientais.

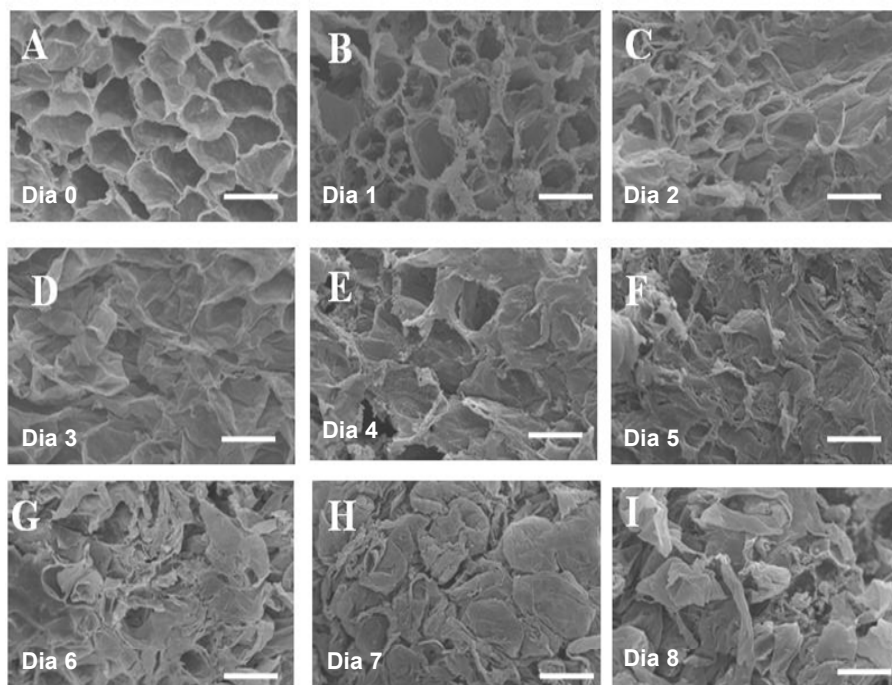


FIGURA 2 Eletromicrografias de varredura (A-I) em mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato”, evidenciando as células ao longo do amadurecimento. (A) por ocasião da colheita, células com formato inicial “de colmeia”. (B) início de degradação das paredes celulares. (C) evidencia a perda de formato inicial “de colmeia” progredindo. (D) alta perda de firmeza e células sem forma. (E-H) agravamento de perda de firmeza, conteúdo citoplasmático extravasado. (I) células alteram seu metabolismo de aeróbico para anaeróbico, processo de degradação da polpa. As barras representam 200 μm .

As análises histoquímicas, realizadas por meio de cortes histológicos do mesocarpo de goiaba cv. “Pedro Sato” durante amadurecimento, submetidos à coloração específica para identificação de constituintes de parede celular [reação com cloreto férrico, para identificação de compostos fenólicos gerais, segundo Gabe (1968); reação com lugol, segundo Jensen (1962), para identificação de

amido; reação com comassie blue, segundo Gahan (1984), para identificação de proteínas; reação com vanilina clorídrica, segundo Mace & Howell (1974), para identificação de taninos e reação com vermelho de rutênio, segundo Johansen (1940), para identificação de pectinas] mostraram em microscópio ótico de luz, e para todos os corantes utilizados, a presença de células parenquimáticas compactas, arredondadas, poligonais, poliédricas e de diferentes tamanhos, entremeadas por muitos esclereídeos (células pétreas) agrupados, conferindo à polpa uma textura granular (Figura 3). O tecido vascular, embora menos evidente, também foi observado (Figura 4).

Com o amadurecimento, observou-se o aumento da intensidade da coloração das células pétreas (braquiesclereídeos) para todos os corantes utilizados. Para os testes histoquímicos de identificação de compostos fenólicos totais, taninos, amido e proteínas, não houve diferenças colorimétricas nas células parenquimáticas, que permaneceram com o mesmo padrão de reação para todos os dias de amadurecimento.

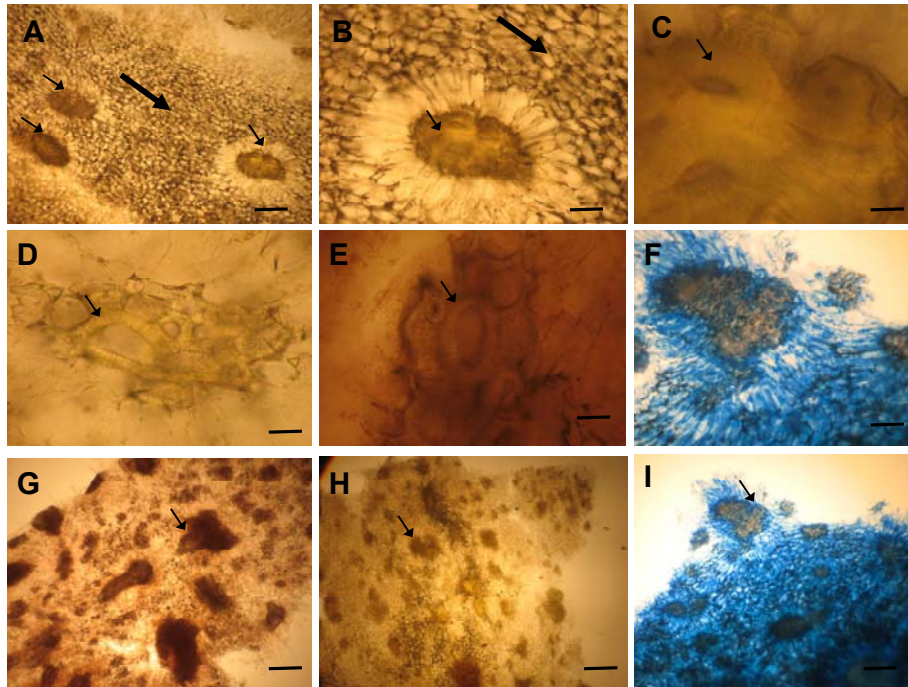


FIGURA 3 Fotomicrografias de secções transversais de mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato”, evidenciando agrupamentos de esclereídeos (braquiesclereídeos ou células pétreas) corados com diferentes reagentes histoquímicos. (A) Secção transversal evidenciando agrupamentos de esclerídeos (→) e células parenquimáticas (➡) corados histologicamente com lugol (B) Detalhe do agrupamento de esclereídeos corados com lugol (→) e células parenquimáticas isodiamétricas (➡). (C e D) Agrupamentos de esclerídeos de formatos variados corados com lugol e (E) corado com cloreto férrico III. (F, G, H e I), evidenciando grande quantidade de agrupamentos de esclerídeos no mesocarpo do fruto. (F e I) corados com Comassie Blue. (G) corado com Vanilina ácida. (H) corado com lugol. As barras representam 50 µm.

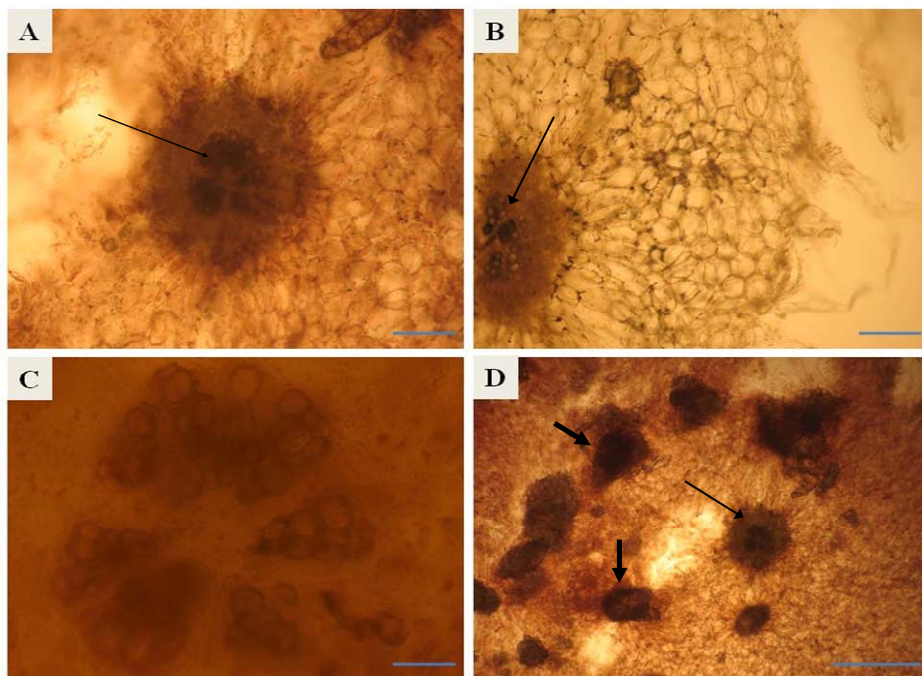


FIGURA 4 Fotomicrografias de secções transversais de mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato”, evidenciando vasos condutores corados histologicamente com lugol (A e B) e vanilina ácida(C e D). (→) vasos condutores. (→) agrupamento de esclereídeos. As barras (A-C) representam 50 µm e a barra (D) representa 100 µm.

As células parenquimáticas apresentaram diferenças colorimétricas apenas na reação com vermelho de rutênio (Figura 5). No dia da colheita (dia 0), as paredes celulares apresentam-se espessas e intensamente coloridas, indicando a presença de grande quantidade de pectina. Esse polímero é considerado como o principal responsável pela manutenção da firmeza em frutos (Awad, 1993; Taiz & Zeiger, 2004; Chitarra & Chitarra, 2005). Com o decorrer do amadurecimento, observou-se uma característica muito interessante e ainda inexplicável, que é a migração gradativa da pectina da parede celular e

consequente acúmulo no interior da célula (talvez em vacúolos). Esse comportamento curioso e peculiar da pectina durante o amadurecimento concordam com as observações feitas por Linhares et al. (2007), que não encontraram a enzima poligalacturonase em endocarpo de goiabas, mas mostraram que há alta atividade de esterases em sua parede celular. Assim, pode-se inferir que essas esterases de parede podem ser responsáveis pela hidrólise de ligações cruzadas entre cadeias de pectinas e entre cadeias de pectinas e outros polímeros, liberando os polímeros de pectina que, por um processo ainda desconhecido, migram para o interior da célula. A função da migração das pectinas continua também inexplicável.

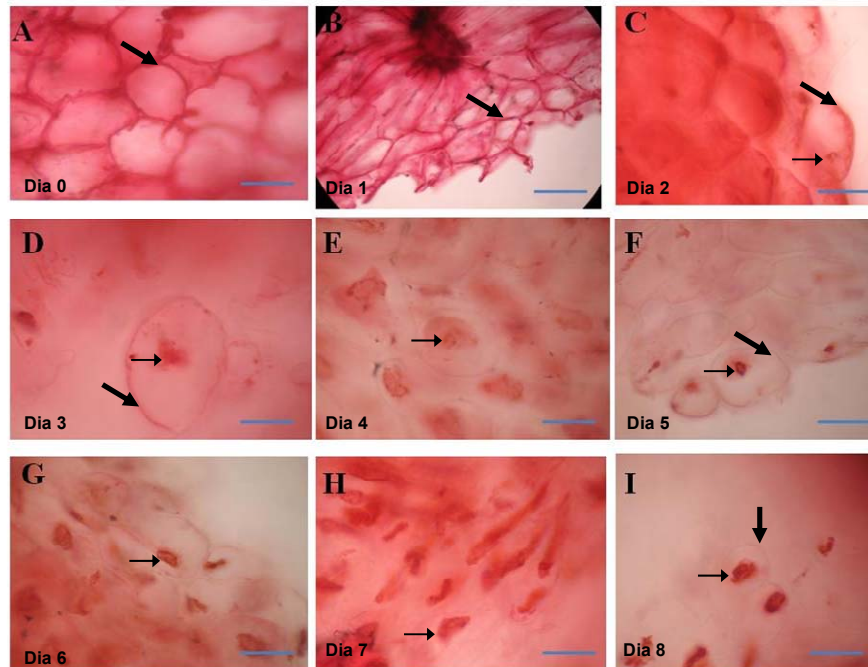


FIGURA 5 Fotomicrografias (A-I) de seções transversais de mesocarpos de goiabas cv. “Pedro Sato”, evidenciando o processo de perda de firmeza, degradação e solubilização das pectinas, coradas histologicamente com vermelho de rutênio. (A e B), evidenciando grande quantidade de pectina na parede celular (—→). (C-E) pectina migrando da parede (—→) para o interior da célula (—→). (F-I) pectina no interior da célula (—→), praticamente sem reação colorimétrica com a parede celular. As barras representam 50 μm .

6 CONCLUSÃO

As características observadas no mesocarpo do fruto de goiaba durante amadurecimento mostram que a alta perda de firmeza se deve ao acelerado processo de liberação de polímeros da pectina das paredes celulares. Além disso, a microscopia eletrônica mostrou claramente a desestruturação da parede celular das células relacionadas com a perda de firmeza dos frutos.

Diante desses resultados, estratégias podem ser traçadas durante o período de amadurecimento, visando a uma menor degradação da pectina, para aumentar a vida de prateleira desses frutos.

Agradecimentos

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, e ao Programa de Pós-Graduação em Agroquímica.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E. **Curso introdutório de microscopia eletrônica de varredura**. Lavras: UFLA, 2005. 43p. Apostila.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.
- AZZOLINI, M. Ripening of "Pedro Sato" guava: study on its climacteric or non-climacteric nature. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 17, n. 3, p. 299-306, Sept. 2005.
- CARVALHO, H. A. de.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MENEZES, J. B. Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 605-615, maio/jun. 2001.
- CARVALHO, H. A.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MENEZES, J. B. Eficiência da concentração de cloreto de cálcio e do tempo de imersão no tratamento pós-colheita de goiaba branca cv. Kumagai. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 375-381, dez. 2001.
- CARVALHO, V. D. Qualidade e conservação pós-colheita de goiabas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 48-54, fev. 1994.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- DURIGAN, J. F. Colheita, conservação e embalagens. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DA GOIABEIRA, 1995, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Funep, 1997. p. 149-158.
- FERTONANI, H. C. R. **Estabelecimento de um modelo de extração àcida de pectina de bagaço de maçã**. 2006. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Ponta Grossa, Ponta Grossa.
- GABE, M. **Techniques histologiques**. Paris: Masson, 1968. 1113p.
- GAHAN, P. B. **Plant histochemistry and cytochemistry: an introduction**. London: Academic, 1984.

GERSBACH, P. V.; WYLLIE, S. G.; SARAFIS, V. A new histochemical method for localization of the site of monoterpene phenol accumulation in plant secretory structures. **Annals of Botany**, London, v. 88, n. 4, p. 521-525, Oct. 2001.

GONGATTI NETO, A.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G. **Goiaba para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: Embrapa, 1996. 35p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 1 jun. 2006.

JAIN, N.; DHAWAN, K.; MALHOTRA, S.P.; SIDDIQUI, S.; SINGH, R. Compositional and enzymatic changes in guava (*Psidium guajava L.*) fruits during ripening. **Acta Physiologiae Plantarum**, Amsterdam, v. 23, n. 3, p. 357-362, Sept. 2001.

JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry**: principles and practice. San Francisco: W. H. Freeman, 1962.

JKERTESZ, Z.I. **The pectic substances**. New York: Interscience, 1951.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: McGraw-Hill, 1940.

LIMA, A. V. **Qualidade pós-colheita da goiaba “Pedro Sato” tratada com Ca ‘CI IND.2’ e 1-MCP em condições ambiente**. 2004. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LINHARES, L. A.; SANTOS, C. D.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Transformações químicas, físicas e enzimáticas de goiabas “Pedro Sato” tratadas na pós-colheita com cloreto de cálcio e 1-metilciclopropeno e armazenadas sob refrigeração. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 829-841, maio/jun. 2007.

MACE, M. E.; HOWELL, C. R. Histochemistry and identification of condensed tannin precursor in roots of cotton seedlings. **Phytopathology**, v. 64, p. 1297-1302, 1974.

MEDINA, J. C.; CASTRO, J. V. de.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; KATO, K.; MAIA, M. L.; GARCIA, A. E. B.; FERNANDES, R. S. S. **Goiaba:** cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos. 2. ed. Campinas: ITAL, 2000. 224 p. (Série Frutas Tropicais, 6).

MENDONÇA, R. D.; FERREIRA, K. S.; SOUZA, L. M.; MARINHO, C. S.; TEIXEIRA, L. S. Características físicas e químicas de goiabas 'cortibel 1' e 'cortibel 4' armazenadas em condições ambientais. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 685-692, 2007.

MERCADO-SILVA, E.; BAUTISTA, P. B.; GARCIA-VELASCO, M. A. Fruit development, harvest index ripening changes of guavas produced in central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 13, n. 2, p. 143-150, Apr. 1998.

OLIVEIRA, A. C. G.; ZANÃO, C. F. P.; ANICETO, A. P.; SPOTO, M. H. F.; BRAZACA, S. G. C.; WALDER, J. M. M. Conservação pós-colheita de goiaba branca kumagai por irradiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 24, n. 2, p. 375-396, fev. 2006.

PEARSE, A. G. E. **Histochemistry, theoretical and applied**. London: Churchill. 1960. 998 p.

SINGH, S. P.; PAL, R. K. Response of climacteric-type guava (*Psidium guajava* L.) to postharvest treatment with 1-MCP. **Postharvest Biology and Technology** Amsterdam, v. 47, n. 3, p. 307-314, Mar. 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed. 2004. 719p.

TUCKER, G. A. Introduction. In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap. 1, p. 2-51.

XISTO, A. L. R. P.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A.D.; SANTOS, C. D. Textura de goiabas 'Pedro Sato' submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 1, p. 113-118, jan./fev. 2004.

ZONTA, E. P.; MACHADO, A. A. **Manual do saneste:** sistema de análise estatística para microcomputadores. Pelotas: UFPel, 1991. 102 p.

ANEXOS

| | Página |
|---|---------------|
| TABELA 1A Resumo da análise de variância para etileno de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante 9 dias de armazenamento em condições ambientais..... | 94 |
| TABELA 2A Resumo da análise de variância para ângulo hue (casca e polpa), firmeza, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante 9 dias de armazenamento em condições ambientais..... | 94 |

TABELA 1A. Resumo da análise de variância para etileno de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante 9 dias de armazenamento em condições ambientais.

| FV | GL | QM |
|---------|----|----------|
| | | Etileno |
| Dias | 6 | 4,2136** |
| Resíduo | 21 | 0,0053 |
| CV % | | 7,70 |

** Teste de F significativo, a 1% de probabilidade.

TABELA 2A. Resumo da análise de variância para ângulo hue (casca e polpa), firmeza, sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) de goiabas cv. “Pedro Sato”, durante 9 dias de armazenamento em condições ambientais.

| | GL | QM | | | | |
|------|----|--------------------|--------------------|-----------|----------|----------|
| | | Ângulo hue (casca) | Ângulo hue (polpa) | Firmeza | SS | AT |
| FV | 7 | 299,9117** | 699,1210** | 55,1347** | 0,8382** | 0,0057** |
| Dias | 24 | 1,0033 | 0,4596 | 0,3123 | 0,1588 | 0,0007 |
| CV% | | 0,92 | 1,9 | 11,65 | 5,28 | 5,25 |

** Teste de F significativo, a 1% de probabilidade.