

AValiação DO FRUTO DA GOIABEIRA EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO ATRAVÉS DE MÉTODOS TRADICIONAIS E BIOSPECKLE

PÂMELA S. BETIN¹, LUCAS S. PEIXOTO², JULIANA C. DO PRADO³, GISELA M. SILVA⁴, JULIANA A. FRACAROLLI⁵

1 Graduanda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP, (11) 97592-1754, pamelabetin.psb@gmail.com

2 Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, Campinas-SP, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

3 Engenheiro Agrícola, Mestrando em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

4 Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Engenharia Agrícola, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

5 Engenheira Agrícola, Prof. Doutora, Depto. De Tecnologia Pós-Colheita, FEAGRI/UNICAMP, Campinas - SP

Apresentado no

XLVII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2018
06, 07 e 08 de agosto de 2018 - Brasília - DF, Brasil

RESUMO: A goiabeira, planta nativa da América do Sul é a espécie mais cultivada da família das Myrtaceae, sendo o Brasil um dos destaques mundiais no que diz respeito à produção. Em goiabas, o processo de amadurecimento ocorre de forma acelerada após a colheita, o que gera mudanças rápidas na cor, textura entre outras características, apresentando um período curto de conservação, o que inviabiliza a comercialização para determinadas localidades. O presente trabalho visou avaliar a maturidade da goiaba através de técnicas convencionais e por meio do Biospeckle, que se apresenta como uma técnica de baixo custo e de fácil execução, consistindo na iluminação de um material biológico para obtenção de imagens a serem processadas, obtendo-se a partir das mesmas informações sobre a atividade do material em análise. Foram utilizados frutos de goiabas da variedade vermelha da Tailândia, colhidos em quatro estádios de maturação e realizadas avaliações físico-químicas, taxa respiratória e cor da epiderme. Os valores de açúcares (°Brix), pH, taxa respiratória e relação SST/ATT aumentaram conforme avançava os estádios de maturação, enquanto a acidez total titulável diminuiu. As análises realizadas com Biospeckle não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, não sendo eficiente na avaliação da intensidade de atividade biológica em goiabas.

PALAVRAS-CHAVE: Speckle dinâmico, taxa respiratória, laser.

EVALUATION OF FRUIT OF GOIABEIRA IN DIFFERENT MATURATION STAGES THROUGH TRADITIONAL METHODS AND BIOSPECKLE

ABSTRACT: The guava tree, a native plant to South America, is the most cultivated specie from the family of Myrtaceae, which Brazil have a prominent position worldwide as regards Guava production. In the fruits of guava, the ripening process occur in an accelerated way after harvest, which generates rapid changes in color, texture and other characteristics of the fruit, presenting a short period of conservation, what makes commercialization impossible for certain localities. This study aimed to evaluate the guavas ripeness stages through the conventional techniques and Biospeckle method which has proved as a low cost and simple implementation technique. The Biospeckle method consists of illuminate with laser a biological tissue intending capture images to be processed, obtaining from them the activity of the material under analysis. Guava fruits of the red variety of Thailand were harvested at four

maturation stages and physico-chemical evaluations, and respiratory rate and color of the epidermis were performed. The values of sugars (°Brix), pH, respiratory rate and SST/ATT ratio increased as the maturation stages progressed, while the titratable total acidity decreased. The analyzes performed with Biospeckle did not present significant differences among the treatments, being not efficient in evaluating the intensity of biological activity in guavas.

KEYWORDS: Dynamic speckle, respiratory rate, laser.

INTRODUÇÃO

A goiabeira (*Psidium guajava L*) é a espécie mais cultivada da família das Myrtaceae, é nativa da América do sul (RISTERUCCI et al., 2005), ocupando grandes territórios para produção, em países tropicais e subtropicais. O Brasil é um dos destaques mundiais no que se diz respeito a produção, se destacando também países como México, Paquistão e Índia.

Dependendo do tipo de cultivar as características físico-químicas dos frutos são diferentes, variando do mesmo modo em relação às práticas de plantio, seleção e colheita. Estas características também são influenciadas pelas condições climáticas, de solo, tratos culturais e conforme os estádios de maturação (GERHARDT, 1997).

A goiaba é um fruto que apresenta alto valor nutritivo, sendo uma ótima fonte de vitamina A, C e minerais como cálcio, fósforo e ferro, apresentando ainda um moderado sabor e alta digestibilidade. Vale destacar que sua quantidade de vitamina C é muito superior a maioria das frutas (PEREIRA & MARTINEZ JÚNIOR, 1986).

Em goiabas, o processo de amadurecimento ocorre de forma mais rápida após a colheita, o que gera mudanças mais rápidas na coloração, textura, aroma, sabor entre outras características. Quando maduras, as goiabas colhidas apresentam período de conservação de um a dois dias (MANICA et al., 2000), inviabilizando a comercialização para determinadas localidades. Quanto mais avançado é o estágio de maturação mais intensas são as reações catabólicas que vão levar a deterioração do fruto, e essas reações vão aumentar a sensibilidade, tornando esses frutos mais susceptível a injúrias e contaminação por fungos e bactérias (CHEN et al., 1980).

Para uma manutenção correta da qualidade pós colheita é necessário que a colheita seja feita em estádios adequados de maturação. A colheita precoce vai impedir que o fruto se desenvolva por completo, não adquirindo as características desejadas, enquanto que na colheita tardia, o fruto apresentará uma rápida perda de qualidade, diminuindo assim o seu tempo de vida. O estágio de maturação ideal para a colheita depende de diversas características como a variedade, condições de colheita e armazenamento entre outras (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Diante do apresentado, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a influência do estágio de maturação do fruto da goiabeira no que diz respeito aos aspectos de qualidade, através de técnicas convencionais e por meio do Biospeckle, que se apresenta como uma técnica de baixo custo e de fácil execução.

MATERIAL E MÉTODOS

Goiabas da variedade Vermelha da Tailândia foram obtidas de um produtor local (região de Campinas - SP), onde foram acondicionadas em sacos de polietileno e posteriormente em caixas com orifícios laterais. Após isso, foram levadas até o Laboratório de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade de Campinas (UNICAMP) e mantidas em ambiente a 10°C, em seguida as goiabas foram sanitizadas, e

separadas em quatro tratamentos a serem avaliados, cada um representando um nível de maturação diferente sendo, A1: Verdes, A2: Verde-amarelado; A3: Amarelado e A4: Maduro.

Todas as análises foram realizadas em dois dias, no primeiro foram os tratamentos A1 e A2, e no segundo dia A3 e A4, com 40 goiabas para cada um deles, sendo as goiabas A1 colhidas entre 60-80 dias após a floração, e os estádios seguintes com diferença de 2-3 dias de um para o outro.

Todos os frutos foram avaliados quanto a Taxa respiratória (mg CO₂/Kg h), cor da epiderme (índice de escurecimento), teor de sólidos solúveis (°Brix), Acidez total titulável, pH e Biospeckle (momento de inércia).

As medições da taxa respiratória foram realizadas utilizando um Analisador de composição gasosa (CO₂ e O₂) Pac Check 325 da marca MOCON. Foram usadas 40 goiabas, sendo 10 goiabas de cada estágio, as amostras foram cortadas em 2 partes e colocadas em um recipiente de vidro para posterior acondicionamento em geladeira a 10 °C por 30 minutos, após este tempo foi obtido as % de CO₂, para então calcular as taxas em mg CO₂/Kg h, segundo a equação 1.

$$P_{CO_2} = \frac{\%CO_2}{100} * \frac{V_{vazios}}{m_{produto}} * \frac{1,98}{t} \quad (1)$$

em que,

%CO₂: Produção de CO₂ pelo produto em %;

V_{vazios}: Volume de vazios no recipiente, em mL;

m_{produto}: Massa de produto no recipiente, em kg;

1,98 [mg/ml]: Conversor de ml CO₂ para mgCO₂ nas CNTP;

t [h]: Tempo em que os recipientes ficaram fechados.

Para avaliação da cor foi utilizado um colorímetro portátil do modelo mini Scan XE da marca Hunter e realizada a leitura direta dos parâmetros de Hunter, L*, a* e b*; onde L representa a luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), a e b são coordenadas de croma e variam de -60 a 60 (-a = verde, +a = vermelho, -b = azul e +b = amarelo) (BIBLE & SINGHA, 1993). Foram realizadas duas leituras da superfície de cada amostra e a avaliação foi feita com base no índice de escurecimento (IE), calculado de acordo com PALOU *et al.* (1999), equação 2.

$$IE = \frac{[100 * (X - 0,31)]}{0,172} \quad (2)$$

$$X = \frac{(a + 1,75L)}{(5,645L + a - 3,02b)} \quad (3)$$

em que,

L: luminosidade (0 = preto, 100 = branco);

a: coordenada de croma (-a = verde, +a = vermelho);

b: coordenada de croma (-b = azul e +b = amarelo).

A acidez total titulável foi determinada através do volume de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 mol/L necessário para titular 10g da amostra triturada, diluída e homogeneizada em 90 mL de água destilada (CARVALHO *et al.*, 1990) e os resultados foram expressos em porcentagem de ácido (equação 4). As amostras trituradas foram utilizadas para determinação do pH, que foi obtido por um potenciômetro da marca *BEL ENGINEERING*, PHS3BW.

$$ATT_{(g/100g)} = \frac{n * N * Eq}{10 * p} \quad (4)$$

em que,

N: normalidade da solução de hidróxido de sódio;

n: volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação em mL;

p: massa da amostra em gramas;

V: volume da amostra em mL;

Eq: equivalente-grama do ácido.

A avaliação de sólidos solúveis totais foi realizada por leitura direta em refratômetro digital Reichert automático ABBE MARK III e os resultados foram expressos em °Brix.

Nos ensaios ópticos (Figura 1) foram utilizados: um laser vermelho de diodo de 632 nm de comprimento de onda e 10mW de potência, um celular *smartphone* com câmera filmadora digital com taxa de aquisição determinada, um computador com softwares para o processamento das imagens e para tratamento estatístico. Para o processamento das imagens foram utilizados os softwares Matlab e ImageJ versão 1.50i (SCHNEIDER & RASBAND, 2012).

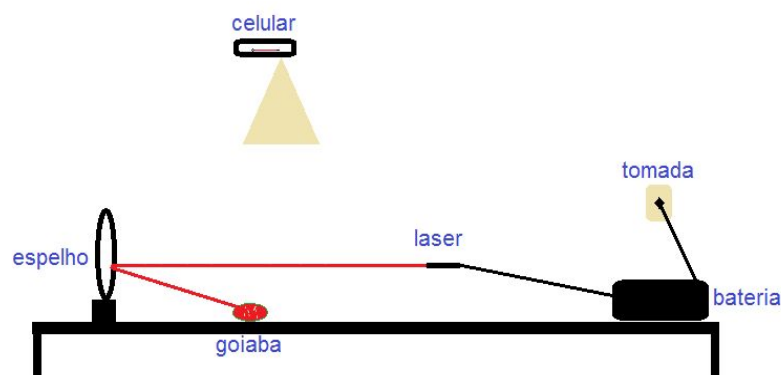


FIGURA 1. Configuração experimental para avaliação através do Biospeckle.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dentre os parâmetros químico-físicos avaliados, não foram verificadas diferenças significativas entre os valores de sólidos solúveis totais para os diferentes estádios de maturação (Tabela 1 e Figura 1A), resultados semelhantes foram obtidos por AZZOLINI et al. (2004) para goiabas 'Pedro Sato' colhidas em três estádios de maturação e armazenadas.

Os valores para pH obtidos foram crescentes conforme o estágio de maturação (Figura 1B), com valores entre 2,83 a 4,00, indicando a diminuição de acidez do fruto conforme este amadurece, comportamento semelhante também foi observado por GOUVEIA et al. (2003), porém com valores de pH variando de 3,82 a 4,40 para goiabas da variedade Paluma. Não houve diferença significativa entre as goiabas A1 e A2, nem entre A3 e A4 (Tabela 1).

O aumento dos valores de pH estão diretamente ligados com o decréscimo da acidez total titulável ocorrida com o avanço da maturação dos frutos (NOGUEIRA et al., 2002), que por sua vez foi observada neste experimento conforme valores em Tabela 1 e a curva do gráfico de acidez (Figura 1C). CAVALINI et al. (2006), AZZOLINI et al. (2004) e SERRANO (2007), observaram também verificaram que conforme as goiabas das variedades 'Pedro Sato' e 'Paluma' amadureceram, seus valores de ATT foram decrescendo, atribuindo isto ao fato dos ácidos (principalmente os orgânicos) serem um dos principais substratos utilizados nos processos respiratórios que ocorrem durante o amadurecimento dos frutos.

Com o decréscimo ocorrido dos ácidos orgânicos durante o processo de maturação, a

relação SST/ATT (responsável também pelo sabor, já que representa a relação açúcar/ácido, sendo que quanto maior, mais ‘doce’ e agradável é ao paladar (CHITARRA; CHITARRA, 2005)) aumenta, conforme verificado em Tabela 1, e de acordo com observado por GOUVEIA et al. (2003) e AZZOLINI et al. (2004).

Frutos climatéricos sofrem aumento da produção de CO₂ e neles o etileno é necessário para complementar e coordenar os processos de amadurecimento, ao contrário do que acontece com frutos não-climatéricos. No que diz respeito a goiaba, alguns estudos a classificam como climatérica e outros como não (CAVALINI, 2008). Assim como BROWN & WILLS (1983), que avaliaram o comportamento de 6 cultivares de goiaba, neste presente trabalho a mesma apresentou características de fruto climatérico com valores crescentes de taxa respiratória conforme o aumento do estado de maturação (Tabela 1 e Figura 1E).

Na análise por Biospeckle, sabe-se que quanto maior é a atividade biológica, maior será a agitação das partículas e assim, maior serão os momentos de inércia (MI) obtidos pelo processamento das imagens, conforme observado por PEIXOTO, et al. (2016) aplicando o método do Biospeckle para maçãs, entretanto, para as goiabas analisadas não houve diferença significativa nos valores obtidos para MI entre os quatro estádios de maturação (Tabela 1).

TABELA 1. Características físico-químicas médias e momento de inércia pelo Biospeckle para diferentes estádios de maturação de goiabas.

Maturidade	SST (°Brix)	pH	ATT (g/100g)	SST/ATT	Respiração (mg CO₂/Kg h)	MI
A1	8,19 a1	2,83 a1	0,516 a2	16,05 a1	146,04 a1	15,69 a1
A2	8,04 a1	2,84 a1	0,470 a2	17,22 a1	216,26 a2	16,68 a1
A3	8,34 a1	3,95 a2	0,413 a1	20,99 a2	234,67 a2	15,32 a1
A4	8,19 a1	4,00 a2	0,363 a1	23,99 a2	303,19 a3	13,57 a1

*SST - Sólidos solúveis totais; ATT - Acidez total titulável; SST/ATT - Relação sólidos solúveis por acidez total titulável; MI - Momento de inércia. *Médias seguidas pela mesma letra e número, dentro de cada tratamento, não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.*

TABELA 2. Resultados dos valores médios dos parâmetros para análise de cor e índice de escurecimento (IE) calculado para diferentes estádios de maturação de goiabas.

Maturidade	L	a	b	X	IE
A1	60,28 a1	-7,22 a1	24,21 a1	0,378 a1	39,524 a1
A2	64,22 a2	-6,94 a1 a2	27,07 a2	0,385 a2	43,615 a2
A3	76,38 a3	-5,84 a2	30,74 a3	0,384 a2	43,263 a2
A4	79,30 a4	-0,83 a3	32,03 a3	0,394 a3	48,936 a3

**Médias seguidas pela mesma letra e número, dentro de cada tratamento, não diferem entre si, estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.*

Na tabela 2 pode-se observar a evolução da cor conforme o estágio de maturação, em que o índice de escurecimento (IE) e os demais parâmetros de luminosidade e cromatização evidenciam a mudança de cor da casca a partir do amadurecimento do fruto, que passa de verde para tons mais amarelados. O mesmo comportamento foi destacado e observado por MOTTA et al. (2015) analisando a correlação da cor com parâmetros físicos químicos para

goiaba. Não houve diferença significativa entre os estádios 2 e 3, possivelmente pela proximidade entre o recolhimento das amostras, além do fato de que na goiabeira não há uniformidade entre todos os frutos quanto à maturação, sendo difícil caracterizar exatamente todas as goiabas na mesma fase de amadurecimento.

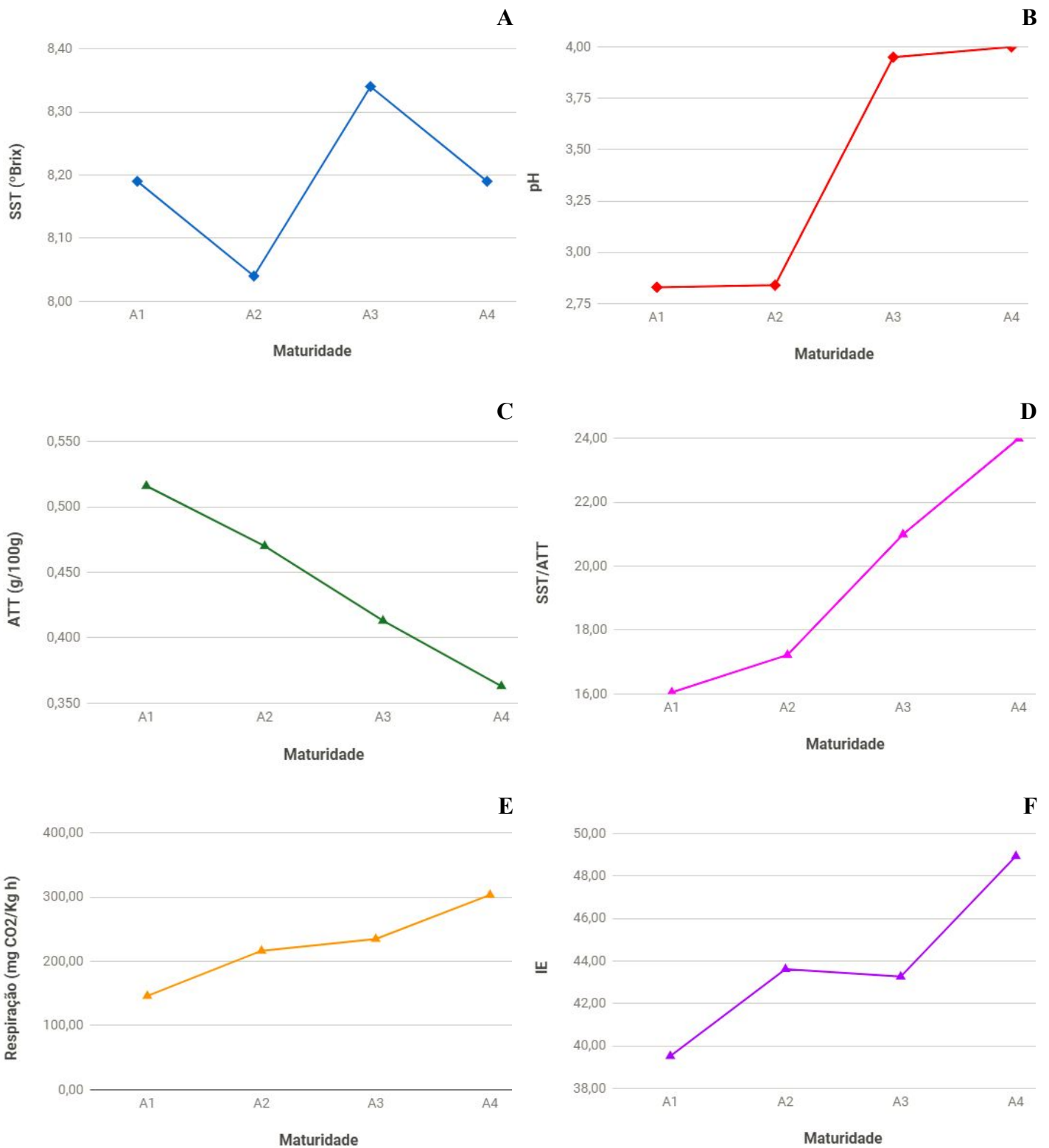


FIGURA 1. Resultados de SST (A), pH (B), ATT (C), relação SST/ATT (D), taxa respiratória (E) e Índice de Escurecimento (F) para goiabas em diferentes estádios de maturação.

CONCLUSÕES

O estágio de maturação influencia diretamente a qualidade dos frutos de goiabeira, fazendo com que estes sofram aumento nos valores de pH, relação SST/ATT, taxas respiratória e índice de escurecimento, e diminuição da acidez total titulável.

O método do Biospeckle não se apresentou eficiente na avaliação do estágio de maturação, sendo necessário assim, um espaço amostral maior para verificar uma possível diferença estatística entre os resultados de maturação.

A análise por cor (método não-destrutivo) se mostra como uma boa alternativa na avaliação da qualidade da goiaba.

REFERÊNCIAS

AZZOLINI, M.; JACOMINO, A. P.; SPOTO, M. H. F. **Estádios de maturação e qualidade pós-colheita de goiabas ‘Pedro Sato’**. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 26, n. 1, p. 29-31, Abril 2004.

BIBLE, B. B.; SINGHA, S. **Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color**. HortScience, v. 28, n. 10, p. 992-993, 1993.

BROWN, B. I.; WILLS, R.B.H. **Post-harvest changes in guava fruit of different maturin**. Scientia Horticulturae, Amsterdam, v. 19, n. ¾, p. 237-243, Apr. 1983.

CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M.M. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.

CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; LOCHOSKI, M.A.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M. **Maturity indexes for ‘Kumagai’ and ‘Paluma’ guavas**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.28, p.176- 179, 2006.

CAVALINI, F.C. **Fisiologia do amadurecimento, senescência e comportamento respiratório de goiabas ‘Kumagai’ e ‘Pedro Sato’**. ESALQ/USP. Piracicaba, 2008. 90p.

CHEN, P. M.; MELLENTIN, W. M.; RICHARDON, D.G. **A comparative study of “d” and “Bosc” pears in relation to maturity and postharvest life (Abstr.)** HortScience, Alexandria, v.15, n.1, p.1. 1980.

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

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/ FAEPE, 2005. 735 p.

GERHARDT, L.B. de 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, v. 32, p. 185-192, 1997.

GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; MEDEIROS, B. G. S.; RIBEIRO, C. F. A.; SILVA, M. M. **Maturação da goiaba mediante parâmetros físico-químicos**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, Especial, n.1, p.85-94, 2003.

MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Fruticultura Tropical-Goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2000. 373p.

MOTTA, J. D.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUZA, K.S.M. **Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão**. Com. Sci., Bom Jesus, v.6, n.1, p.74-82, Jan./Mar. 2015.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P.; BURITY, H. A.; SILVA JÚNIOR, J. F. **Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 37, n. 4, p. 463-470, abr. 2002

PALOU, E. *et al.* **Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree**. Journal of Food Science, v. 64, n. 1, p. 42-45, 1999.

PEIXOTO, L. S.; FRACAROLLI, J. A.; AGUIAR, R. H. **Evaluation of Minimally Processed Apples with Application of Edible Films through Biospeckle**. Journal of Agricultural Science and Technology B 6 (2016) 201-208 doi: 10.17265/2161-6264/2016.03.008.

PEREIRA, F.M.; MARTINEZ JÚNIOR, H. **Goiabas para Industrialização**. Jaboticabal: UNESP, 1986. 142p.

RISTERUCCI, A. M.; DUVAL, M. F.; ROHDE, W.; BILLOTE, N. **Isolation and characterization of microsatellite loci from Psidium guajava L.** Molecular Ecology Notes, Oxford, v. 5, p. 745- 748, 2005.

SCHNEIDER, C. A.; RASBAND, W. S.; ELICEIRI, K. W. 2012. **NIH Image to ImageJ: 25 Years of Image Analysis**. Nat. Methods 9: 671-5.