

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS E NUTRIÇÃO**

**EFEITO DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL PARA
OBTENÇÃO DE GOIABADA SOBRE OS COMPOSTOS
ANTIOXIDANTES E COR**

ANA PAULA WOLF TASCA

Nutricionista

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências
Farmacêuticas de Araraquara, UNESP, para obtenção do
título de Mestre em Ciência dos Alimentos

Orientadora: Prof^a. Dr^a. CÉLIA MARIA DE SYLOS

ARARAQUARA – 2007

DEDICO

Aos meus pais, Augusta e Virgílio, por terem me proporcionado tudo nesta vida

e por serem meus exemplos de amor, dedicação e coragem,

Ao meu amor, Rodrigo, que mesmo longe sempre esteve tão perto,

À minha irmã, Alexandra, pela amizade e pelo carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela oportunidade de realizar este trabalho e pela força diária na caminhada.

Agradeço a todos que estiveram ao meu lado e que me incentivaram nesta conquista.

À minha família, meus pais, Augusta e Virgílio, minha irmã, Alexandra e meu amor, Rodrigo pelo amor, amizade, carinho, compreensão, incentivo, apoio e coragem. Muito Obrigada.

Aos amigos de ontem, de hoje e de sempre, que me apoiaram e me incentivaram em todos os momentos. Em especial, agradeço à Juliana Julian Torres Gama.

À Prof^a. Dr^a. Célia Maria de Sylos, orientadora deste trabalho, pela orientação, pela compreensão e pela amizade.

Aos membros da Banca Examinadora, pelas sugestões apresentadas. Agradeço ao Prof. Dr. Elizeu Rossi e às Prof^{as}. Dr^{as}. Adriana Mercadante, Maristela Peres e Eliane Simionato.

À todos os membros do Departamento de Alimentos e Nutrição da Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara – UNESP.

À indústria *Predilecta Alimentos LTDA*, pelas amostras cedidas para a realização deste trabalho.

À Prof^a. Dr^a. Adriana Mercadante por permitir a utilização do colorímetro triestímulo.

Agradeço a cada um que de alguma maneira fez parte da minha vida.

BANCA EXAMINADORA

Prof^a, Dr^a. Célia Maria de Sylos

Prof^a, Dr^a. Adriana Zerlotti Mercadante

Prof, Dr. Elizeu Antonio Rossi

Prof^a, Dr^a. Eliana Maria Ravassi Stéfano Simionato

Dr^a. Maristela de Freitas Sanches Peres

SUMÁRIO

RESUMO	ii
ABSTRACT	iv
INTRODUÇÃO GERAL	01
CAPÍTULO 1 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
1 – Goiaba.....	11
2 – Vitamina C.....	12
3 – Carotenóides.....	17
3.1 – Licopeno.....	19
3.2 – β -caroteno.....	22
3.3 – Efeito do processamento sobre os carotenóides presentes nos alimentos.....	24
4 – Flavonóides.....	26
4.1 – Efeito do processamento sobre os flavonóides presentes nos alimentos.....	30
5 – Determinação da capacidade antioxidante.....	32
6 – Sistema de cor CIELAB.....	34
7 – Referências bibliográficas.....	36
CAPÍTULO 2 – Compostos antioxidantes em goiaba cv. Paluma (<i>Psidium guajava</i>)	50
CAPÍTULO 3 – Efeito do processamento industrial para obtenção de goiabada sobre os compostos antioxidantes	75
CAPÍTULO 4 – Carotenóides e parâmetros de cor CIELAB em goiaba e seus produtos processados	96

RESUMO

A goiaba (*Pisidium guajava*) é matéria-prima da goiabada, bem como da polpa de goiaba, utilizada pela indústria durante a entressafra da fruta. O processamento térmico pode provocar mudanças substanciais em alguns alimentos. A cor é um fator de aceitação do alimento, averiguado pelos consumidores antes mesmo do sabor e da textura e os carotenóides são responsáveis pela coloração apresentada pela maioria das frutas. Os objetivos deste trabalho foram avaliar a composição da goiaba cv. *Paluma*, em relação aos teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais; verificar o efeito do processamento industrial para obtenção da goiabada sobre os teores destes compostos; medir a capacidade antioxidante da fruta e de seus subprodutos; e correlacionar os parâmetros de cor do sistema CIELAB com o teor de carotenóides totais. O teor de ácido ascórbico foi determinado titulometricamente com 2,6 diclorofenolindofenol 0,025%; o conteúdo de carotenóides totais foi realizado através de leitura espectrofotométrica do extrato etéreo a 470 nm; o conteúdo de fenólicos totais foi obtido através do método colorimétrico de Folin-Ciocalteu; o teor de flavonóides totais foi mensurado com base na reação entre NaNO₂ 5%, AlCl₃ 10% e NaOH 1M; a capacidade antioxidante foi baseada na redução do radical DPPH (*1,1-difenil-2-picrilhidrazila*); e a medida da cor foi realizada pelo sistema CIELAB. Os resultados mostraram que a goiaba cv. *Paluma* apresentou expressivos teores de ácido ascórbico (58,9mg/100g), de carotenóides totais (7,88mg licopeno/100g), de fenólicos totais (1167,6mg ácido gálico/100g) e de flavonóides totais (150,1mg rutina/100g), apresentando capacidade antioxidante de 214,7mg VCEAC/100g (*capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C*). Em comparação com a goiaba *in natura*, houve aumento dos compostos antioxidantes na polpa de goiaba em 15,5, 59, 8,0 e 54,5%, e, redução destes compostos na goiabada, em 42, 13, 31 e 6,5%, respectivamente para

ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais. A capacidade antioxidante apresentou o mesmo comportamento, houve aumento de 15% na polpa de goiaba e diminuição de 25% na goiabada. Também foi possível verificar que o conteúdo de carotenóides totais se correlacionou com a maioria dos parâmetros de cor avaliados, que foram luminosidade (L^*), índice de saturação vermelho (a^*), índice de saturação amarelo (b^*), ângulo hue, Chroma e as razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$. Portanto, o estudo sugere que a goiaba cv. *Paluma* pode ser uma fonte potencial de compostos antioxidantes naturais. O processamento térmico exerceu influência nos teores dos compostos antioxidantes da goiaba, havendo aumento destes na polpa de goiaba, uma vez que durante esta etapa do processo há perda de água e diminuição dos mesmos compostos na goiabada, visto que o processamento industrial para obtenção da goiabada é termicamente severo. Em relação à cor, pôde-se concluir que os carotenóides são os pigmentos responsáveis pela coloração da goiaba cv. *Paluma* e da polpa de goiaba; contudo, após o processo para obtenção da goiabada, os carotenóides já não são os únicos compostos responsáveis pela cor final desse produto, uma vez que ocorre a caramelização do açúcar.

ABSTRACT

The guava (*Pisidium guajava*) is the raw material of guava jam and the pulp of guava, used by the industry between the harvest the fruit. The heat process can cause substantial changes in some foods. The color is a factor of acceptance of the food, examined by consumers even before the flavor and texture and carotenoids are responsible for the coloration presented by the majority of fruit. The aims of this study were to evaluate the composition of guava cv. *Paluma*, in relation to the content of ascorbic acid, total carotenoids, total phenolic and total flavonoids; verify the effect of the industrial processing to obtaining the guava jam on the levels of these compounds; measure the antioxidant capacity of the fruit and its by-products, and correlate the color system CIELAB parameters with the content of total carotenoids. The content of ascorbic acid was determined by the 2,6-dichlorophenol-indophenol titration; the content of total carotenoids was conducted through spectrophotometric reading of the ether extract a 470 nm; the content of total phenolic was obtained through the colorimetric method of Folin-Ciocalteu; the content of total flavonoids was measured based on the reaction between NaNO₂ 5%, AlCl₃ 10% and NaOH 1M; the antioxidant capacity was based on reducing the DPPH radical (*1,1-diphenyl-2-picrilhidrazila*); and the extent of the color was performed by the system CIELAB. The results showed that the guava cv. *Paluma* had significant levels of ascorbic acid (58.9mg/100g), total carotenoids (7.88mg lycopene/100g), total phenolic (1167.6mg galic acid/100g) and total flavonoids (150.1mg rutin/100g), presenting antioxidant capacity of 214.7mg VCEAC/100g (*vitamin C equivalent antioxidant capacity*). Compared with guava *in natura*, there was an increase of the antioxidant compounds in the pulp of guava at 15.5, 59, 8 and 54.5%, and, reduction of these compounds in guava jam, at 42, 13, 31 and 6.5% , respectively for ascorbic acid, total carotenoids, total phenolic and total flavonoids. The antioxidant capacity showed the

same performance, there was an increase of 15% in the pulp of guava and decrease of 25% in guava jam. It was also observed that the content of total carotenoids was correlated with the most of the parameters of color assessed, which were luminosity (L^*), index of saturation red (a^*), index of saturation yellow (b^*), hue angle, Chroma and the rations a^*/b^* and $(a^*/b^*)^2$. Therefore, the study suggests that the guava cv. *Paluma* can be a potential source of natural antioxidant compounds. The processing thermal had effect on levels of antioxidant compounds of guava, with the increase in the pulp of guava, because during this stage of the process there is loss of water and reduction of the same compound in guava jam, because the industrial processing to obtaining the guava jam is thermally severe. Regarding color, could conclude that the carotenoid pigments are responsible for the coloration of guava cv. *Paluma* and pulp of guava; but after the process to obtaining the guava jam, carotenoids are not the only compounds responsible for the final color of this product, due to sugar caramel formation.

INTRODUÇÃO GERAL

A goiaba pertence à família *Myrtaceae*, ao gênero *Psidium*, originária da América Central, é de distribuição vasta e bastante antiga, existindo mais de 70 gêneros e de 2800 espécies (GORINSTEIN et al, 1999; SHAMSUDIN, 2005; UDDIN et al, 2002). O Brasil é o segundo produtor mundial de goiabas, com uma produção em torno de 300 mil toneladas anuais e as cultivares mais plantadas são *Kumagai*, *Pedro Sato*, *Sassaoka*, *Paluma* (variedade mais utilizada no processamento industrial), *Rica*, *Século XXI*, *IAC-4* (EL-BULUK et al, 1995; IEA – SP, 2007).

Do ponto de vista nutricional, a goiaba é excelente fonte de vitaminas (B₁, B₂, B₆, C, E), principalmente de vitamina C, minerais (cálcio, ferro, fósforo, potássio, zinco), fibras, carotenóides (licopeno e β -caroteno) e flavonóides (quercetina, kaempferol e myricetina); contudo o consumo da goiaba *in natura* ainda é baixo no país (aproximadamente 300g/*per capita*/ano) (IEA – SP, 2007). Por outro lado, a goiabada é um doce tradicional e muito apreciado pelos brasileiros, fazendo parte da composição de algumas categorias de cesta básica de determinadas regiões do país. Durante a entressafra da fruta, a polpa de goiaba é utilizada pela indústria na produção de goiabada, obtida pela adição de açúcar, ácido cítrico e pectina à polpa de goiaba, e várias etapas de concentração até obtenção do produto final. As várias etapas envolvidas no processamento da polpa de goiaba e da goiabada podem promover mudanças nos constituintes antioxidantes. Possíveis alterações ou degradações decorrentes da interferência de fatores como temperatura, luz, pH, umidade relativa, composição gasosa e sistema enzimático, tornam-se importantes (AGOSTINI-COSTA et al, 2003; BASHIR et al, 2003; BRITTON et al, 1995; COSTA et al, 2002; GABAS et al, 2003; GORINSTEIN et al, 1999; MÍNGUEZ-MOSQUEIRA e HONERO, 2002; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; SANZ et al, 2004).

A vitamina C é essencial na dieta humana uma vez que não é sintetizada pelo organismo; é conhecida por prevenir o escorbuto e por atuar em importantes processos metabólicos, na síntese de lipídeos e proteínas, metabolismo de carboidratos, respiração celular, formação e manutenção de colágeno, regeneração dos tecidos, prevenção de sangramento, reduzindo o risco de infecções e facilitando a absorção de minerais. Mais recentemente, tem-se destacado sua ação antioxidante, protegendo as células e os tecidos do processo oxidativo (FRANKE et al, 2004; GARDNER et al, 2000; HALLIWELL, 2001; KIM et al, 2002; MILANESIO et al, 1997; MOSER e BENDICH, 1991; SILVA, 2005; SUNTORNSUK et al, 2002). O conteúdo de ácido ascórbico da goiaba varia de 50 – 300 mg/100g, dependendo da cultivar e das condições de plantio (AZZOLINI et al, 2004; BASHIR et al, 2003; BORGUINI e TORRES, 2006; GORINSTEIN et al, 1999; IBGE, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; SANZ et al, 2004; THAIPONG et al, 2006; UDDIN et al, 2002).

Os carotenóides conferem cor aos alimentos e exercem numerosas funções biológicas, que conferem benefícios à saúde (BRITTON et al, 1995; LEE e CHEN, 2001; OLIVER e PALOU, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999). Alguns apresentam atividade pró-vitamínica A, potencial ação contra alguns tipos de cânceres, contribuindo para a diminuição do risco de doenças degenerativas e coronarianas, previnem a formação de catarata, atuam na redução da degeneração macular relacionada ao envelhecimento, fortalecem o sistema imunológico e, atuam como excelentes antioxidantes (agentes quimiopreventivos), sequestrando e inativando os radicais livres (AGOSTINI-COSTA et al, 2003; BRITTON et al, 1995; BURRI, 2002; LEE e CHEN, 2002; LIMA et al, 2002; OLIVER e PALOU, 2000; SHAMI e MOREIRA, 2004; WAWRZYNIAK, 2002; YUONG e LOWE, 2001). Os principais carotenóides encontrados na goiaba são o licopeno e o β -caroteno.

Os fenólicos e os flavonóides compreendem ampla classe de compostos, não sendo sintetizado no organismo humano. Apresentam excelente atividade antioxidante, previnem

reações degenerativas produzidas por espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, seqüestrando os radicais livres, podendo atuar contra alguns tipos de cânceres (AMIÉ et al, 2003; BIANCHI e ANTUNES, 1999; FRANKIE et al, 2004; HEIM et al, 2002; HRYNTSEVICH e SHADYRO, 2005; KUSKOSKI et al, 2005; SEERAM et al, 2006; VALENZUELA, 2004; WANG et al, 2005; WU et al, 2006; YAMAGUCHI et al, 1998; YU et al, 2002; ZHOU e YU, 2005). Podem exercer efeitos hepatoprotetores (HRYNTSEVICH e SHADYRO, 2005), apresentar propriedades anti-neurodegenerativas, atuando contra doenças como Parkinson e Alzheimer (AMIÉ et al, 2003; KUSKOSKI et al, 2005; SEERAM et al, 2006; ZHOU e YU, 2005), agir contra doenças estomacais e intestinais (PAREJO et al, 2005), atuar de maneira efetiva contra as doenças cardiovasculares por inibirem a oxidação do LDL colesterol e promoverem o aumento do HDL colesterol (AMIÉ et al, 2003; BALASUNDRAM et al, 2005; FRANKIE et al, 2004; HEIM et al, 2002; KUSKOSKI et al, 2005; MONTORO et al, 2005; PROESTOS et al, 2006; SEERAM et al, 2006; VALENZUELA, 2004; YAMAGUCHI et al, 1998; YU et al, 2002; ZHOU e YU, 2005).

A conservação da qualidade nutricional dos alimentos é uma preocupação e uma exigência cada vez mais constante dos consumidores (AGOSTINI-COSTA et al, 2003; GABAS et al, 2003). Os primeiros atributos de qualidade verificados são as características sensoriais e a cor, um fator de aceitação averiguado antes mesmo do sabor e da textura, e é um dos critérios usados para medir o grau de qualidade de frutas e alimentos em geral (MÉNDELEZ-MARTINEZ et al, 2007). É possível determinar a cor de alimentos e derivados através de dados quantificáveis e precisos medidos por colorímetros triestímulos ou colorímetros-

espectrofotômetro, compreendidos em um sistema de cor, como o sistema CIELAB (COLOR GLOSSARY, 2007).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGOSTINI-COSTA, T.S.; ABREU, L.N.; ROSSETI, A.G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Rev. Bras. Frutic.**, v.25, p.56-58, 2003.
2. AMIÉ, D.; DAVIDOVIÉ-AMIÉ, D.; BESLO, D.; TRINAJSTIÉ, N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. **Croatica Chemica Acta**, v.76, p.55-61, 2003.
3. AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; BRON, I.U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, p.139-145, 2004.
4. BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chem.**, v.99, p.191-203, 2006.
5. BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH, A.-B.A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chem.**, v.80, p.557-563, 2003.
6. BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Rev. Nutr.**, v.12, p.123-130, 1999.
7. BORGUINI, R.G.; TORRES, E.A.F.S. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo, SP.
8. BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, R.H. **Carotenoids: isolation analysis**. Basil: Birkhauser, v.1A, 1995, 187p.

9. BURRI, B.J. Lycopene and human health. *In*: MESKIN, W.R.; BIDLACK, M.S.; DAVIES, A.J.; OMAYE, S.T. **Phytonutrients in health and disease**. CRC Press; Boca Raton, Chapter 11, p.157-172, 2002.
10. COLOR GLOSSARY. **Color Glossary A-C**. Disponível em <www.sapdesignguild.org/resources/glossary%5Fcolor> Acesso em 23/03/2007.
11. COSTA, M.A.L.; ORTEGA-FLORES, C.I.; PENTEADO, M.V.C. Alterações estruturais *in vivo* dos isômeros *todo-trans*, *9-cis* e *13-cis* do β -caroteno. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, p.224-228, 2002.
12. EL-BULUK, R.E.; BABIKER, E.E.; EL TINAY, A.H. Biochemical and physical changes in fruits of four guava cultivars during growth and development. **Food Chem.**, v.54, p.279-282, 1995.
13. FRANKE, A.A.; CUSTER, L.J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **J. Food Comp. Analys.** v.17, p.1-35, 2004.
14. GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F.C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.23, p.66-70, 2003.
15. GARDNER, P.T.; WHITE, T.A.C.; MCPHAIL, D.B.; DUTHIE, G.G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chem.**, v.68, p.471-474, 2000.
16. GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAVER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **J. Nutr. Biochem.**, v.10, p.367-371, 1999.
17. HALLIWELL, B. Review: vitamin C and genomic stability. **Mutation Res.**, v.475, p.29-15, 2001.

18. HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A.R.; BOBILYA, D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **J. Nutr. Biochem.**, v.13, p.572-584, 2002.
19. HRYNTSEVICH, I.B.; SHADYRO, O.I. Reactions of α -hydroxyethyl radicals with flavonoids of various structures. **Bioorg. Med. Chem. Lett.**, v.15, p.4252-4255, 2005.
20. IBGE. **Estudo nacional da despesa familiar**. Tabela de composição de alimentos. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 1999, 5.ed., 137 p. ISBN 85-240-0728-1.
21. IEA – SP. **Instituto de Economia Agrícola**. Disponível em <www.iea.sp.gov.br> Acesso em 11/04/2007.
22. KIM, D.O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.H. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **J. Agric. Food. Chem.**, v.50, p.3713-3717, 2002.
23. KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRANCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.25, p.726-732, 2005.
24. LEE, M.T.; CHEN, B.H. Separation of lycopene and its *cis* isomers by liquid chromatography. **Chrom.**, v.54, p.613-617, 2001.
25. LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; LIMA, D.E.S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agric.**, v.59, p.447-450, 2002.
26. MÉNDELEZ-MARTÍNEZ, A.J.; BRITTON, G., VICARIO, I.M.; HEREDIA, F. Relationship between the colour and the chemical structure of carotenoid pigments. **Food Chem.**, v.101, p.1145-1150, 2007.
27. MILANESIO, M.; BIANCHI, R.; UGLIENGO, P.; ROETTI, C.; VITERBO, D. Vitamin C at 120 K: experimental and theoretical study of the charge density. **J. Mol. Struct. (Theochem)** v.419, p.139-154, 1997.
28. MÍNGUEZ-MOSQUEIRA, M.I; HONERO, D. Analysing changes in fruit pigments. In: MAC DOUGALL, D. (Ed.). **Colour in food: improving quality**. 2002. 378p.

29. MONTORO, P.; BRACA, A.; PIZZA, C.; TOMMASI, N. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. **Food Chem.**, v.92, p.349-355, 2005.
30. MOSER, U.; BENDICH, A. Vitamin. In: MACHILIN, L.J. **Handbook of vitamins**. 2nd. Ed. New York: Marcel Dekker, 1991. p.195-232.
31. OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **J. Chromatogr. A.**, v.881, p.543-555, 2000.
32. PAJERO, I.; BASTIDA, J.; VILADOMAT, F.; CODINA, C. Acylated quercetagenin glycosides with antioxidant activity from *Tagetes maxima*. **Phytochem.**, v.66, p.2356-2362, 2005.
33. PROESTOS, C.; BOZIARIS, J.S.; NYCHAS, G.J.E.; KOMAITIS, M. Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. **Food Chem.**, v.95, p.664-671, 2006.
34. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods**. Arlington: John Snow Inc./OMNI Project, 1997. 88p.
35. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington, DC: OMNI Research, 1999. 64p. ISBN 1-57881-072-8.
36. SANZ, M.L.; VILLAMIEL, M.; MARTÍNEZ-CASTRO, I. Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices. **Food Chem.**, v.87, p.325-328, 2004.
37. SEERAM, N.P.; LEE, R.; SCHEULLER, H.S.; HEBER, D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. **Food Chem.**, v.97, p.1-11, 2006.
38. SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Rev. Nutr.**, v.17, p.227-236, 2004.

39. SHAMSUDIN, R.; MOHAMED, I.O.; YAMAN, N.K.M.. Thermophysical properties of Thai seedless guava juice as affected by temperature and concentration. **J. Food Eng.**, v.66, p.395-399, 2005.
40. SILVA, F.O. Total ascorbic acid determination in fresh squeezed orange juice by gas chromatography. **Food Control**, v.16, p.55-58, 2005.
41. SUNTORNSUK, L.; GRITSANAPUN, W.; NILKAMHANK, S.; PAOCHOM, A. Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, v.28, p.849-855, 2002.
42. THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **J. Food Comp. Anal.**, v.19, p.669-675, 2006.
43. UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; DING, L.; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **J. Food Engin.**, v.51, p.21-26, 2002.
44. VALENZUELA, B.A. El consume te y la salud: características y propiedades benéficas de esta bebida milenaria. **Rev. Chil. Nutr.**, v.31, p.72-82, 2004.
45. WANG, Y.; CAO, J.; WENG, J.H.; ZENG, SU. Simultaneous determination of quercetin, kaempferol and isorhamnetin accumulated human breast cancer cells, by high-performance liquid chromatography. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, v.39, p.328-333, 2005.
46. WAWRZYNIAK, A. The role of lycopene in the human organism: an update – a review. **Pol. J. Food Nutr. Sci.**, v.11/52, p.3-12, 2002.
47. WU, L.C.; HSU, H.W.; CHEN, Y.C.; CHIU, C.C.; LIN, Y.I.; HO, J.A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chem.**, v.95, p.319-327, 2006.
48. YAMAGUCHI, T.; TAKAMURA, H.; MATOBA, T.; TERAOKA, J. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, v.62, p.1201-1204, 1998.

49. YU, L.; HALEY, S.; PERRET, J.; HARRIS, M.; WILSON, J.; QIAN, M. Free radical scavenging properties of wheat extracts. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.1619-1624, 2002.
50. YUONG, A.J.; LOWE, G.M. Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. **Arch. Biochem. Bioph.**, v.385, p.20-27, 2001.
51. ZHOU, K.; YU, L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.**, v.39, p.1155-1162, 2006.

CAPÍTULO 1:
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1 – Goiaba

Observa-se em todo o mundo, um aumento no consumo de frutas tropicais. No Brasil, o cultivo da fruticultura ocupa uma área de 2 milhões de hectares, gerando um PIB de 1,5 bilhões de dólares em 2005. O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e Índia, exportando para países da Europa, das Américas e do Oriente Médio (IEA – SP, 2007).

A goiaba pertence à família *Myrtaceae*, ao gênero *Psidium* e é originária da América Central, existindo mais de 70 gêneros e de 2800 espécies (GORINSTEIN et al, 1999; SHAMSUDIN et al, 2005; UDDIN et al, 2002).

É considerada uma fruta de grande importância nutricional e comercial para países tropicais e subtropicais. No Brasil, segundo produtor mundial (a Índia ocupa a primeira colocação), as cultivares mais plantadas são *Kumagai*, *Pedro Sato*, *Sassaoka*, *Paluma*, *Rica*, *Século XXI* e *IAC-4* com uma produção em torno de 300 mil toneladas por ano, sendo a região Sudeste responsável por 55% deste total, com destaque para a região de Ribeirão Preto, Taquaritinga (variedade *Paluma*, mais utilizada no processamento industrial), e região de Valinhos, onde a produção é mais voltada para a comercialização da fruta *in natura* (cultivares *Kumagai*, *Pedro Sato*, *Sassaoka* e *Ogawa*) (EL-BULUK et al, 1995; IEA – SP, 2007). A colheita da goiaba concentra-se no período de janeiro a março, apresentando declínio no decorrer do ano (IEA – SP, 2007; TODA FRUTA, 2007). Entretanto, o

consumo da goiaba *in natura* no país é considerado baixo, sendo de aproximadamente 300g/per capita/ano (IEA – SP, 2007). Na linha de processamento a goiaba pode ser convertida em suco ou polpa e/ou ser usada para a produção de frutas em calda, purês, geléias, doce em pasta (goiabada), bem como na produção de bebidas, refrescos, sucos e xaropes (IEA – SP, 2007; SHAMSUDIN et al, 2005). O doce da goiaba ou goiabada é bastante apreciado e consumido no país, e seu processamento baseia-se na concentração da polpa de goiaba com adição de açúcares e outros ingredientes, até que se atinja consistência desejada, sendo posteriormente pasteurizada e acondicionada.

Diversos fatores contribuem para as diferenças encontradas na composição da fruta, tais como a cultivar ou variedade da planta, estágio de maturação, efeitos climáticos, condições de plantio e cultivo (tratamento do solo, influência de luz e raios solares, áreas geográficas, estação do ano), manuseio durante a colheita, do transporte, armazenamento e conservação pós-colheita, do processamento e estocagem (BASHIR et al, 2003; FRANCO, 2001; GORINSTEIN et al, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; SANZ et al, 2004).

As frutas são fontes de fibras, de uma série de micronutrientes, como minerais e vitaminas, aportam diversos componentes de metabólitos secundários de natureza fenólica, denominados polifenóis (KUSKOSKI et al, 2005), bem como pigmentos, como os carotenóides. A goiaba tem grande variedade e concentração de vitaminas (vitaminas B₁, B₂, B₆, C), minerais (cálcio, ferro, fósforo, potássio, zinco), fibras, além de ser fonte importante de carotenóides, de flavonóides (MELTZER, 1998; THAIPOONG et al, 2006; TODA FRUTA, 2007; YAMASHITA e BENASSI, 2000).

A atuação conjunta de agentes antioxidantes (vitaminas, carotenóides e compostos fenólicos), é importante e benéfica para a saúde humana (FRANKE et al, 2004; GARDNER et al, 2000; THAIPOONG et al, 2006).

2 – Vitamina C

A vitamina C é uma vitamina hidrossolúvel cuja ingestão diária pelo homem faz-se necessária, uma vez que o organismo humano não é capaz de sintetizá-la, sendo encontrada abundantemente em frutas e vegetais e, em menor quantidade, em produtos cárneos e no leite de vaca *in natura* (FRANCO, 2001; FRANKE et al, 2004; MOSER e BENDICH, 1991; SUNTORNSUK et al, 2002).

Compreende duas formas químicas que apresentam atividade, o ácido ascórbico (AA) e o ácido desidroascórbico (DHA), forma oxidada. O ácido ascórbico (I) é instável, facilmente oxidado (reversivelmente) a ácido desidroascórbico (II), que possui de 60 a 100% da atividade biológica do ácido L-ascórbico; as reações de oxidação podem continuar e o ácido L-desidroascórbico ser transformado em 2,3-dicetogulônico (III), sem atividade biológica (Figura 1) (FONTANNAZ et al, 2005; FRANCO, 2001; ROJAS e GERSCHENSON, 1997; SILVA, 2003; UDDIN et al, 2002).

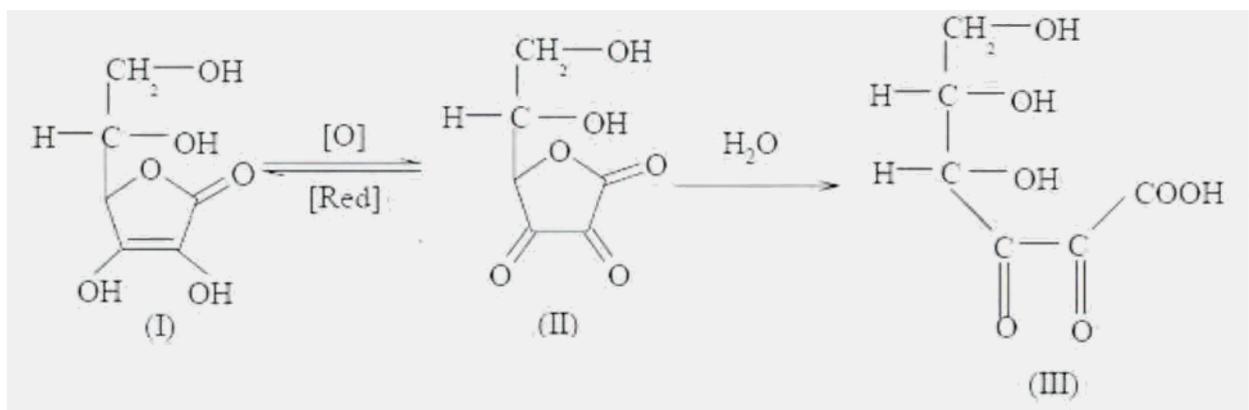


Figura 1 – Mecanismo de conversão do ácido ascórbico em ácido 2,3-dicetogulônico.

Instável, o ácido ascórbico pode ser facilmente degradado através da oxidação enzimática, em reações químicas (nas quais atua como antioxidante), e também por meio da degradação térmica em processos aeróbicos ou anaeróbicos, sendo os fatores que podem levar à degradação: pH (alcalinidade), íons metálicos, teor de umidade, atividade de água, aminoácidos, carboidratos, lipídeos, enzimas e, principalmente calor. Desta forma, sua quantificação pode ser utilizada como parâmetro para avaliação de condições de manuseio, estocagem e processamento de alimentos (GABAS et al, 2003; UDDIN et al, 2002). Durante a estocagem, as reações de oxidação do ácido ascórbico são bastante intensas, com formação de diversas substâncias como o dióxido de carbono e furfural (ROJAS e GERSCHENSON, 1997) que provocam alterações indesejáveis nas características sensoriais, como alteração de cor e sabor nos alimentos, diminuindo a aceitação destes, o que acarreta em eventuais perdas econômicas (UDDIN et al, 2002; YAMASHITA e BENASSI, 2000).

O ácido ascórbico é conhecido por prevenir o escorbuto, cujos principais sintomas são sangramento das gengivas, perda dos dentes, distúrbios neurológicos, anemia ferropriva, dificuldade de cicatrização dos tecidos, podendo levar à morte (GARDNER et al, 2000; MILANESIO et al, 1997; MOSER e BENDICH, 1991). Também pode atuar em importantes processos metabólicos, tais como: síntese de lipídeos e proteínas, metabolismo de carboidratos, respiração celular, formação e manutenção de colágeno, regeneração dos tecidos; prevenção de sangramento, formação de aminas aromáticas (dopamina, serotonina e noradrenalina, que atuam como neurotransmissores), ação no metabolismo da tirosina, redução do ferro férrico a ferroso, conversão do ácido fólico em ácido folínico e, como um poderoso agente antioxidante, protegendo as células e os tecidos do processo oxidativo induzido pelos danos sofridos pelo DNA (SUNTORNUSUK et al, 2002), reduzindo o risco de infecções e facilitando a absorção de minerais como ferro, zinco e cobre, e na excreção de outros, como chumbo, mercúrio, vanádio, cádmio e níquel (EMADI-KONJIN et al, 2005;

FRANKE et al, 2004; GARDNER et al, 2000; HALLIWELL, 2001; KIM et al, 2002; MILANESIO et al, 1997; MOSER e BENDICH, 1991; SILVA, 2005; SUNTORNSUK et al, 2002).

Gardner e colaboradores (2000) avaliaram a capacidade antioxidante de sucos de diversas frutas e verificaram que esta foi maior naqueles sucos com altas concentrações de vitamina C, sendo o ácido ascórbico responsável por 65 a 100% do total da capacidade antioxidante de sucos derivados de frutas cítricas. Os autores referem-se ao ácido ascórbico como sendo um dos mais importantes antioxidantes hidrossolúveis nas células, com alta biodisponibilidade, sendo capaz de proteger as biomembranas e as LDL dos danos da peroxidação. Segundo Kim e colaboradores (2002), o ácido ascórbico é o antioxidante majoritário que ocorre naturalmente na dieta humana.

A acerola é considerada por alguns pesquisadores como a fruta com o mais elevado teor de vitamina C, seguida pela goiaba, que contém de 3 a 6 vezes mais ácido ascórbico do que a laranja (UDDIN et al, 2002; AGOSTINI-COSTA et al, 2003). O teor médio de ácido ascórbico da goiaba pode variar entre 50-300 mg/100g (THAIPONG et al, 2006; UDDIN et al, 2002). O IBGE (1999) traz o valor de 218 mg de vitamina C por 100g da parte comestível, em média. As variações encontradas se devem às diferenças de cultivar e às condições e local de plantio (MATITIUZ et al, 2003; NOGUEIRA et al, 1978; PADULA e RODRIGUEZ-AMAYA, 1986).

Segundo Nogueira e colaboradores (1978), as concentrações de ácido ascórbico encontradas em goiaba cv. *IAC-4 in natura* e liofilizada, foram de 80,5 e de 778,5 mg/100g, respectivamente. Padula e Rodriguez-Amaya (1986) também encontraram nesta mesma cultivar cultivada em São Paulo, 97,7 mg de ácido ascórbico em 100g do fruto, valor este, superior ao encontrado em amostras de goiaba procedentes da região nordeste do país, nas quais o teor de ácido ascórbico variou entre 9,2 e 55,2 mg/100g. Já as cultivares *Paluma* e

Pedro Sato, analisadas por Matitiuz e colaboradores (2003) apresentaram teores médios de ácido ascórbico de 37,11 e 15,32 mg/100g, respectivamente. Jawaheer e colaboradores (2003) encontraram teores médios de 201,1 e 95,5 mg/100g nas goiabas cv. *Labourdonnais White* e cv. *Hawaiian*.

O tratamento térmico é apontado como um dos principais fatores responsáveis pela degradação do ácido ascórbico nos alimentos. Na oxidação aeróbica, o ácido ascórbico é transformado em ácido desidroascórbico que passa a 2,3-dicetogulônico, produzindo hidroxifurfural; em condições anaeróbicas, o ácido ascórbico se decompõe em ácido 2,5-disidro-2-furanóico, dióxido de carbono e furfural (NAGY, 1980; SHAW et al, 1993).

Na literatura, os dados sobre o efeito do processamento sobre a composição da goiaba são escassos. Nogueira e colaboradores (1978) verificaram que em goiaba liofilizada conservada em frasco âmbar por 18 meses à temperatura de 35° C, os teores de ácido ascórbico apresentaram redução de 22 mg/100g nos primeiros seis meses, de 4 mg/100g do 7° ao 12° mês, e de 1,5 mg/100g no restante do período, mostrando que a perda de ácido ascórbico ocorria nos primeiros meses de estocagem.

Yamashita e Benassi (2000) estudaram a cinética de degradação do ácido ascórbico em goiabas (cv. *Pedro Sato*) tratadas com cloreto de cálcio 2%, embaladas em dois tipos de embalagem de atmosfera modificada (Cryovac PD-900 e Cryovac PD-961) e armazenadas sob atmosfera modificada em temperatura de refrigeração (8° C, 85-95% UR) por 49 dias. Os autores verificaram que o tratamento com cálcio não interferiu na taxa de degradação de ácido ascórbico, e que as frutas embaladas com PD-900 (menos permeável ao oxigênio) apresentaram menor degradação de ácido ascórbico e prolongando a vida útil do produto.

O processamento de obtenção de geléia de goiaba (88° C/5 minutos) resultou em retenção de 37,5% de ácido ascórbico enquanto que o do suco (88° C/10 minutos) em 79,6% (JAWAHEER et al, 2003).

Comparando a perda de ácido ascórbico em polpa de goiaba congelada e em polpas pasteurizadas, estocadas por 180 dias, em temperatura ambiente, De Martin e colaboradores (1975) observaram que no produto congelado a redução do ácido ascórbico foi de aproximadamente 12%, e que nos produtos pasteurizados essa perda foi bem maior, entre 70 e 75%.

Uddin e colaboradores (2002) relataram que o aumento dos valores de parâmetros, como a temperatura e a atividade de água, aumentaram a degradação do ácido ascórbico em goiaba seca, durante a estocagem por até 24 dias, em diferentes temperaturas (30, 40 e 50° C) com atividade de água também variada (0,43, 0,75, 0,84 e 0,97). Matitiuz e colaboradores (2003) também observaram uma diminuição do teor de ácido ascórbico em pedaços de goiaba minimamente processados estocados a 3° C por um período de 10 dias.

3 – Carotenóides

Os carotenóides são pigmentos naturais lipofílicos, responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelha encontrada em frutas, raízes, flores, aves, certos peixes, crustáceos, algas e alguns microrganismos; mais de setecentos tipos de carotenóides já foram identificados (BRITTON et al, 1995; NUNES e MERCADANTE, 2004; OLIVER e PALOU, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; SHAMI e MOREIRA, 2004; SILVA e MERCADANTE, 2002).

A composição e o teor de carotenóides de um alimento pode variar, dependendo da cultivar ou variedade da planta, do estágio de maturação, das condições climáticas, das condições de cultivo (tratamento do solo, influência de luz e raios solares, áreas geográficas,

estação do ano), manuseio durante a colheita, do transporte, armazenamento e conservação pós-colheita, do processamento e estocagem (FRANCO, 2001; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). Com o amadurecimento da planta o teor de carotenóides aumenta devido à biossíntese que ocorre em frutas climatéricas (BRITTON et al., 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999).

Os carotenóides presentes em alimentos são geralmente tetraterpenóides (C_{40}) formados de oito unidades isoprênicas (C_5) unidos de maneira tal que o plano de simetria é reverso no centro. Podem apresentar ciclização e outras modificações como hidrogenação, dehidrogenação, migração de dupla ligação, encurtamento ou alongamento da cadeia, rearranjos, isomerização, introdução de grupos oxigenados ou combinação desses processos resultando em uma série de estruturas diferentes. São formados por ligações duplas conjugadas inicialmente encontradas na forma isomérica *all-trans* mas, os isômeros *cis* também são encontrados. Os carotenóides podem ser acíclicos (ζ -caroteno e licopeno), monocíclicos (δ e γ -carotenos) ou bicíclicos (α e β -carotenos). A ciclização ocorre devido à formação de anéis de cinco ou seis membros, em uma ou nas duas extremidades da molécula (MEDEIROS, 2003; MELLO, 2002; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Os carotenóides têm importância para as plantas, atuando como pigmento acessório dos vegetais na fotossíntese e; para a indústria de alimentos, sendo empregados como corantes. Exercem numerosas funções biológicas e conferem benefícios à saúde, uma vez que possuem ampla distribuição e diversidade estrutural (BRITTON et al, 1995; LEE e CHEN, 2001; OLIVER e PALOU, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999).

Aqueles que possuem ao menos um anel β -ionona e uma cadeia poliênica de onze carbonos, desempenham relevante papel nutricional por apresentarem atividade pró-vitamínica A (importante na prevenção da síndrome da deficiência da vitamina A, que pode causar xerofthalmia e distúrbios de crescimento na primeira infância); carotenóides como o β -

caroteno possuem cerca de 100% de atividade pró-vitáminica A (uma vez que sua estrutura molecular é formada por dois anéis β -ionona, que darão origem à duas moléculas de retinol) e, em menor extensão, a β -criptoxantina, o α -caroteno e o γ -caroteno, que apresentam cerca de 50% de atividade (BRITTON et al, 1995; BURRI, 2002; LEE e CHEN, 2001; OLIVER e PALOU, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999; WAWRZYNIAK, 2002).

Além de terem ação potencial contra alguns tipos de cânceres, os carotenóides contribuem para a diminuição do risco de doenças degenerativas e coronarianas, previnem a formação de catarata (lesão ocular), atuam na redução da degeneração macular relacionada ao envelhecimento, apresentam atividade antiúlcera gástrica, fortalecem o sistema imunológico e, atuam como excelentes antioxidantes (agentes quimiopreventivos), seqüestrando e inativando os radicais livres (AGOSTINI-COSTA et al, 2003; BRITTON et al, 1995; BURRI, 2002; LEE e CHEN, 2001; LIMA et al, 2002; OLIVER e PALOU, 2000; SHAMI e MOREIRA, 2004; WAWRZYNIAK, 2002; YUONG e LOWE, 2001).

O licopeno é o principal carotenóide encontrado na goiaba, representando mais de 85% do total (ESCOBAR e SYLOS, 2006; PADULA e RODRIGUEZ-AMAYA, 1986). Outros carotenóides identificados em goiaba e produtos de goiaba são: β -caroteno, *all-trans*- β -caroteno, 9, 13 e 15 *cis*- β -caroteno, *all-trans*- γ -caroteno, ζ -caroteno, 9, 13 e 15 *cis*-licopeno, *all-trans*- β -criptoxantina, rubixantina, criptoflavina, luteína e neocromo (MERCADANTE et al, 1999; PADULA et al, 1983; THAIPONG et al, 2006).

3.1 – Licopeno

O licopeno é um caroteno não cíclico que contém onze ligações duplas conjugadas e duas ligações duplas não conjugadas, linearmente arranjas (Figura 2) (LAZARUS et al, 2003; SHAMI e MOREIRA, 2004).

O *all-trans*-licopeno difere dos *cis*-isômeros em estabilidade e propriedade de absorção de luz; sua molécula é planar e relativamente mais estável. Os isômeros de licopeno geralmente encontrados em alimentos são o *trans*-licopeno, e 5, 9, 13 e 15-*cis*-licopeno (BOSKOVIC, 1984).

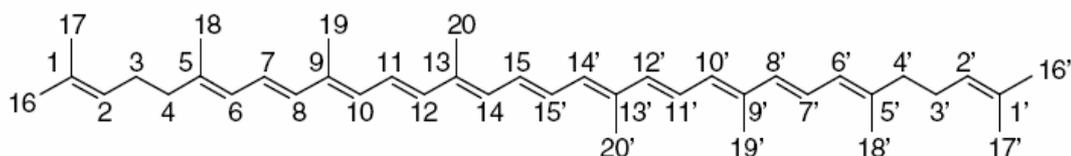


Figura 2 – Estrutura química do licopeno.

O licopeno possui uma coloração vermelha, sendo encontrado em maior quantidade no tomate, goiaba, mamão, melancia e grapefruit vermelha (BRITTON et al, 1995; BURRI, 2002; LIN e CHEN, 2003; OLIVER e PALOU, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999; SHAMI e MOREIRA, 2004; SHI e LE MAGUER, 2000). Embora considerado precursor do β -caroteno, não apresenta atividade pró-vitamínica A, uma vez que não possui o anel β -ionoma (LAZARUS et al, 2003; SHAMI e MOREIRA, 2004).

No organismo o licopeno é depositado nos tecidos adiposos, particularmente no rim, fígado, órgãos genitais, pulmão, próstata, cólon e pele; sua concentração no organismo tende a ser mais elevada que de outros carotenóides (MEDEIROS, 2003).

O licopeno é tido como o carotenóide que possui a maior capacidade seqüestrante do oxigênio singlete, apresentando capacidade antioxidante maior em relação ao β -caroteno, possivelmente devido à presença do elevado número de ligações duplas conjugadas, tornando-o mais reativo (LAZARUS et al, 2003; SHAMI e MOREIRA, 2004).

Além de atuar como antioxidante, pesquisas e estudos têm sugerido que o licopeno pode prevenir algumas formas de câncer como câncer de pele, de mama, pulmão, endométrio, leucemia, e principalmente o câncer de próstata, inibindo o crescimento de células cancerosas,

sendo sugerido na prevenção da carcinogênese e aterogênese por proteger moléculas como lipídios, lipoproteínas de baixa densidade (LDL), proteínas e DNA; também pode atuar na prevenção de problemas cardiovasculares, contra degeneração macular relacionada à idade e cataratas, além de apresentar função imunológica (BRITTON et al, 1995; BURRI, 2002; CHANG et al, 2005; LEE e CHEN, 2001; NUNES e MERCADANTE, 2004; OLIVER e PALOU, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999; SHAMI e MOREIRA, 2004; SHI e LE MAGUER, 2000; TOOR e SAVAGE, 2005; WAWRZYNIAK, 2002).

O teor de licopeno em produtos processados varia de acordo com a composição do alimento de origem e das condições de processamento. Geralmente, em produtos processados, os níveis de licopeno são maiores do que os encontrados em alimentos crus, por haver perda de água durante o processamento, havendo concentração do composto (MEDEIROS, 2003; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999). Durante o processamento térmico também há liberação de licopeno pela matriz celular, tornando-o mais biodisponível; um estudo mostrou que a absorção de licopeno de massa de tomate cozida era de 3,8 vezes maior que para tomates frescos (MEDEIROS, 2003).

A composição nutricional dos alimentos (como lipídios, proteínas e fibras presentes) pode contribuir para a estabilidade dos *trans*-isômeros de licopeno; bem como alguns tipos de fibras, como a pectina, podem reduzir a biodisponibilidade do licopeno, devido ao aumento da viscosidade. Durante a digestão e absorção, o licopeno é separado dos demais nutrientes e incorporado às micelas, sendo possível que ocorra a isomerização do licopeno de *trans* para *cis* isômero; dados sugerem que os *cis* isômeros de licopeno são mais bem absorvidos, pela sua melhor solubilidade em micelas e por não se agregarem. Clinton e colaboradores (1996) demonstraram que 79 a 91% do licopeno presente nos tomates e seus produtos estavam sob a forma de isômero *trans* e cerca de 20% na forma de isômero *cis*; ingerido na sua forma

natural (*trans*-licopeno) é pouco absorvido, mas o processamento térmico melhora sua biodisponibilidade (SHAMI e MOREIRA, 2004).

Estudos mostraram que a goiaba vermelha contém cerca de 6,5 mg de licopeno/100g e o tomate 3,1 mg/100g. O licopeno foi o principal pigmento encontrado em goiabas cv. *IAC-4*, segundo estudo realizado por Padula e Rodriguez-Amaya (1985). Respectivamente, os teores de licopeno encontrados foram de 86, 78 e 76% em goiaba cv. *IAC-4* cultivadas nos estados de São Paulo, Ceará e Pernambuco. Em outro estudo (1983), os mesmos pesquisadores processaram suco de goiaba cv. *IAC-4* e compararam com marcas comerciais A e B; verificaram-se teores médios de 2,3 mg/100g, 1,0 mg/100g e 3,1 mg/100g, respectivamente.

De acordo com Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995), os teores de licopeno encontrados para goiaba madura foram de 4,48 a 6,06 mg/100g; para goiaba em calda de 2,78 a 3,28 mg/100g; doce em pasta de 2,64 a 2,74 mg/100g; e em suco de goiaba foram de 1,0 a 4,06 mg/100g.

Porcú e Rodriguez-Amaya (2004), determinaram os principais carotenóides da goiaba vermelha e da goiabada. Os resultados trouxeram o licopeno como carotenóide majoritário na goiaba (cerca de 93% para a cv. *Paluma* e 94% para a cv. *Ogawa*) e na goiabada (98, 92 e 78% para as marcas A, B e C). A goiaba cv. *Paluma* apresentou teor de 6,9 mg de licopeno/100g; a cv. *Ogawa* teor de 5,8 mg de licopeno/100g; e nas goiabadas os teores encontrados foram de 8,4, 6,0 e 6,4 mg de licopeno/100g, respectivamente para as marcas A, B e C.

Escobar e Sylos (2006) encontraram teores de 5,88 mg de licopeno/100g na goiaba cv. *Paluma*, de 12,21 mg de licopeno/100g na polpa de goiaba (aproximadamente 80%) e de 5,24 mg de licopeno/100g na goiabada (cerca de 85%).

3.2 – β -caroteno

O nome β -caroteno é oriundo da cenoura, *Dacus carota*. O β -caroteno é um carotenóide encontrado em quase todos os alimentos, conferindo a muitos frutos e vegetais uma coloração amarelada (MEDEIROS, 2003; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999). Sua estrutura química é constituída por uma cadeia de onze ligações duplas conjugadas (Figura 3), podendo existir na forma *trans* e em diferentes formas de isômeros; os mais comumente encontrados em alimentos são o *trans*- β -caroteno, e 9, 13 e 15-*cis*- β -caroteno (MEDEIROS, 2003).

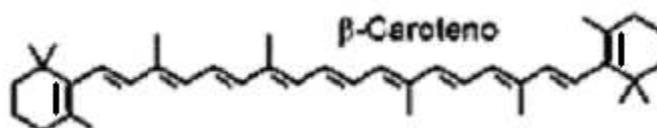


Figura 3 – Estrutura química do β -caroteno.

Desempenha importante papel fisiológico, ao ser convertido em vitamina A (retinol) e ácido retinóico no corpo humano. Essa conversão ocorre majoritariamente nos intestinos e no fígado. O *all-trans*- β -caroteno, configuração mais estável que existe naturalmente do β -caroteno, está amplamente distribuído na natureza e é a principal fonte de pró-vitamina A (apresenta 100% de atividade). Outros carotenóides podem igualmente desempenhar tal função, mas dão origem a uma única molécula de vitamina, enquanto que o β -caroteno origina duas moléculas de retinol (MEDEIROS, 2003; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999).

As propriedades antioxidantes do β -caroteno, atribuídas à sua estrutura química, parecem centrar-se na atenuação da ação dos radicais de oxigênio nas membranas celulares reagindo com os radicais lipídicos, inibindo a reação de oxidação em cadeia. A atividade antioxidante do β -caroteno é efetuada principalmente em áreas do corpo onde existem baixas concentrações de oxigênio, podendo desempenhar um papel complementar a outros antioxidantes, uma vez que as vitaminas C e E, a glutathione, peroxidase e catalase não atuam eficientemente nessas condições (MEDEIROS, 2003).

Estudo realizado em goiaba cv. *IAC-4* sobre a composição de carotenóides, cultivadas em diferentes estados brasileiros, verificou um teor de 0,37 mg de β -caroteno/100g (para as cultivadas em São Paulo) e, teores de 0,66 e 1,19 mg de β -caroteno/100g para as cultivadas no Ceará e Pernambuco, respectivamente (PADULA e RODRIGUEZ-AMAYA, 1985).

Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995), analisando amostras de goiaba e produtos de goiaba, encontraram teores de β -caroteno de 0,30 a 0,58 mg/100g em goiaba madura; de 0,11 a 0,19 mg/100g em goiaba em calda; de 0,29 a 0,45 mg/100g em doce em pasta; e de 0,17 a 0,49 mg/100g em suco de goiaba.

Segundo Porcú e Rodriguez-Amaya (2004) as goiabas das cv. *Paluma* e *Ogawa* apresentaram teores de 0,21 e 0,22 mg de β -caroteno/100g, respectivamente e as goiabadas das marcas A, B e C apresentaram teores de 0,7, 0,4 e 0,4 mg de β -caroteno/100g, respectivamente.

De acordo com Escobar e Sylos (2006), os teores de β -caroteno encontrados em goiaba cv. *Paluma*, polpa de goiaba e goiabada foram respectivamente de 0,84, 1,42 e 0,48 mg de β -caroteno/100g; verificou-se um teor maior de carotenóides na polpa, o que é explicado devido à perda de água que ocorre durante a etapa de concentração da mesma.

3.3 – Efeito do processamento sobre os carotenóides presentes nos alimentos

Os carotenóides são moléculas altamente instáveis, por apresentarem um sistema de ligações duplas conjugadas, podendo o calor, a luz, os ácidos, metais, o oxigênio e algumas enzimas como a lipoxigenase, provocarem a oxidação e/ou a isomerização desses compostos. Tais processos podem resultar na formação de isômeros *cis*, epóxidos, diminuição da intensidade da cor, perda da atividade pró-vitáminica A e quebra da cadeia havendo formação de compostos voláteis que conferem sabor desejável ou indesejável aos alimentos. Quanto maior o grau de insaturação dos carotenóides, maior é a sua susceptibilidade (COSTA et al,

2002; LESSIN et al, 1997; MEDEIROS, 2003; NUNES e MERCADANTE, 2004; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997;1999; SHI e LE MAGUER, 2000).

Durante o processamento e a estocagem dos alimentos, pode haver um aumento dos *cis* isômeros; o que não afeta o conteúdo total de carotenóides. Em produtos naturais o percentual de isômeros *cis* e *trans* variam dependendo do grau de amadurecimento; geralmente o conteúdo de isômeros *trans* é maior do que os *cis* isômeros. Segundo alguns estudos, o conteúdo do isômero *trans* do licopeno em alimentos varia entre 35 e 96% do total, enquanto que o isômero *5-cis* varia entre 4 e 27% (MEDEIROS, 2003).

Se o tratamento térmico aplicado for severo há destruição da estrutura que protege os carotenóides aumentando a área de superfície, o que facilitaria a degradação oxidativa dos mesmos, ocorrendo inicialmente isomerização e formação de epóxidos e apocarotenóides (que apresentam menor absorção a 450 nm) (BRITON et al, 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Na literatura encontram-se grandes diferenças de resultados sobre os teores de carotenóides presentes nos alimentos crus ou processados, o que torna difícil a comparação entre os vários tipos de processos para concluir qual tratamento preserva mais.

Vários trabalhos têm demonstrado a ocorrência da isomerização geométrica das formas do β -caroteno e do licopeno, com diminuição no conteúdo do isômero *trans*, aparecimento e/ou aumento dos isômeros *cis* e até redução no teor total de carotenóides durante o processamento e a estocagem dos alimentos (CHEN et al, 1994; LEE e CHEN, 2002).

A diminuição da quantidade do *all-trans*- β -caroteno e o aparecimento dos isômeros *cis* foram observados em tomate e cenoura enlatados (LESSIN et al, 1997), em mangas desidratadas (POTT et al, 2003) e em suco de cenoura (MARX et al, 2003).

Garcia e colaboradores (2001) verificaram que os teores de licopeno e β -caroteno em polpa de tomate concentrada não sofreram alteração pelos tratamentos térmicos a 95° C por 60 minutos a 600MPa/20°C/60min. Já Nguyen e colaboradores (2001) submeteram tomates a

tratamento térmico de 100° C por 30 minutos e verificaram um aumento significativo de isômeros *cis* do β -caroteno. Em relação ao licopeno o aumento não foi significativo. Shi e Le Maguer (2000) constataram que houve redução de 30% e 5% no conteúdo de licopeno em purê de tomate durante o processamento em presença de O₂ e de CO₂, respectivamente.

Escobar e Sylos (2006) verificaram que a inativação enzimática (90° C por 6 minutos) nos processos de obtenção de polpa de goiaba e de goiabada provocaram uma diminuição nos teores de licopeno e de β -caroteno e um aumento nas concentrações de isômeros *cis* do licopeno e do β -caroteno; após o processo de caramelização da goiabada (100° C por 15 minutos) o conteúdo de *cis*-licopeno e *cis*- β -caroteno também aumentaram.

Para amostras de suco de goiaba, Padula e Rodriguez-Amaya (1983) verificaram um aumento significativo de isômeros *cis* do licopeno após processamento e, diminuição de ambos os isômeros *cis* e *trans* do licopeno durante estocagem em condições ambientais; também verificaram que o β -caroteno manteve-se praticamente constante durante o processamento e a estocagem, embora traços dos seus epóxidos fossem detectados.

4 – Flavonóides

Os flavonóides são os compostos fenólicos mais diversificados no reino vegetal, constituindo o maior grupo de substâncias fenólicas. Existem aproximadamente oito mil compostos fenólicos que ocorrem naturalmente (BALASUNDRAM et al, 2005; HEIM et al, 2002). Os flavonóides são derivados da benzo- γ -pirona de origem vegetal, uma vez que o esqueleto C₁₅ dos flavonóides é biogeneticamente derivado do fenilpropano (C₆-C₃) e três unidades de acetato (C₆) (AMIÉ et al, 2003; HEIM et al, 2002; YOKOZAWA et al, 1997).

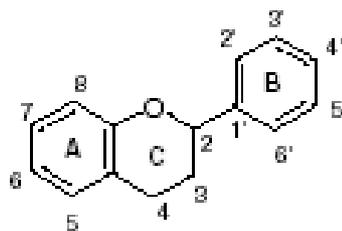


Figura 4 – Estrutura básica de uma molécula de flavonóide.

Os flavonóides podem ser encontrados em diversas formas estruturais; contudo, nas frutas e vegetais a estrutura química consiste em dois anéis benzênicos (A e B) incluindo um anel heterocíclico de seis membros contendo um átomo de oxigênio (C) (compostos tricíclicos) (Figura 4).

A grande diversidade estrutural dos flavonóides encontrada é explicada pela modificação que podem sofrer, como hidroxilação, metilação, glicosilação, entre outras; sendo assim alguns grupos hidrofênicos presentes podem estar livres (agliconas), metilados ou ligados a açúcares (glicosídeos) (KOES et al, 1994). Os principais flavonóides são distinguidos pelas diferenças no anel heterocíclico, pelos grupos ligados e pelo nível de oxidação (AMIÉ et al, 2003; BALASUNDRAM et al, 2005; FRANKE et al, 2004; HEIM et al, 2002; HRYNTSEVICH e SHADYRO, 2005).

O fenômeno da glicosilação pode originar os flavonóides *O*-glicosídeos, quando ocorre ligação do açúcar nos grupos hidroxilas através de um átomo de oxigênio; ou os *C*-glicosídeos, quando a ligação do açúcar ocorre diretamente no núcleo flavonoídico através de um átomo de carbono. Ainda podem ocorrer flavonóides que possuem um ácido como substituintes (os ácidos mais comumente encontrados são o malônico, glicurônico e ácido gálico). Sobre os açúcares, os frequentemente encontrados são: glicose, galactose, ramnose, xilose e arabinose; podendo também ser encontrados os dissacarídeos: rutinose (6-*O*- α -L-

ramnosil-D-glicose) e neohesperidose (8-O- α -L-ramnosil-D-glicose) (HARBORNE et al, 1975). Os flavonóides estão divididos em dois grandes grupos: antocianinas e antoxantinas.

As antoxantinas podem ser incolores ou apresentarem coloração amarela pálida (LIMA et al, 2002; FANKE et al, 2004) e estão subdivididas em cinco grandes subclasses, cada qual apresentando características peculiares quanto à sua estrutura e ao efeito bioativo que exercem (LE GALL et al, 2003):

- Flavanas (catequinas, epicatequinas, luteoforol e teaflavinas),
- Flavonas (apigenina, luteolina, diosmetina, tangeritina e nobelitina),
- Flavonóis (quercetina, rutina, myricetina e kaempferol),
- Isoflavonas (daidzeína, daidzina, genisteína e genistina) e
- Flavanonas (hesperidina, narirutina, naringina e neohesperidina).

As flavanas são incolores e são responsáveis pelo sabor adstringente de algumas frutas e bebidas derivadas (HARBORNE et al, 1975). As mais conhecidas são as catequinas, freqüentemente encontradas em chás (verde e preto) e vinho (tinto) (BALASUNDRAM et al, 2005; SIVAM, 2002; VALENZUELA, 2004; ZUANAZZI, 2001). As isoflavonas, consideradas como fitoestrógenos, são incolores e mais comumente encontradas na soja e seus derivados (ESTEVES e MONTEIRO, 2001; HARBORNE et al, 1975; SIVAM, 2002; ZUANAZZI, 2001). As flavanonas são compostos que variam do incolor ao amarelo pálido e são encontradas principalmente nas frutas cítricas, contribuindo para o aroma dos cítricos (MOULY et al, 1994; SIVAM, 2002; ZUANAZZI, 2001). As flavonas são encontradas nos vegetais em maior quantidade do que nas frutas, apresentam coloração amarelo pálido e as principais são a apigenina e a luteolina (HARBORNE et al, 1975; SIVAM, 2002; ZUANAZZI, 2001); nas frutas cítricas são encontradas as flavonas polimetoxiladas (MOULY et al, 1994).

Os flavonóis apresentam coloração amarelo pálido e são quimicamente caracterizados pela presença de grupamento hidroxila (OH) no C₃ (na forma de *O*-glicosídeos) e são mais susceptíveis à oxidação. Na forma de aglicona, os flavonóis mais comuns são a quercetina, o kaempferol e a miricetina (HARBORNE et al, 1975; SIVAM, 2002; ZUANAZZI, 2001). As frutas contêm quase exclusivamente quercetina glicosilada sendo que kaempferol e miricetina apresentam-se como traços. Nos vegetais, há o predomínio da quercetina glicosilada, mas também estão presentes kaempferol, luteolina e apigenina. Nas goiabas aparecem como flavonóides a quercetina, a miricetina, o kaempferol e a apigenina (FRANKE, 2004; MIEAN e MOHAMED, 2001). A quercetina e o kaempferol (Figura 5) apresentaram efeitos biológicos como a diminuição do colesterol total, oxidação do colesterol LDL e agregação plaquetária, aumento do colesterol HDL e ação antimutagênica (KRIS-ETHERTON et al, 2002). A naringenina apresentou ação inibitória *in vitro* na proliferação de células cancerígenas de mama (HE et al, 1997).

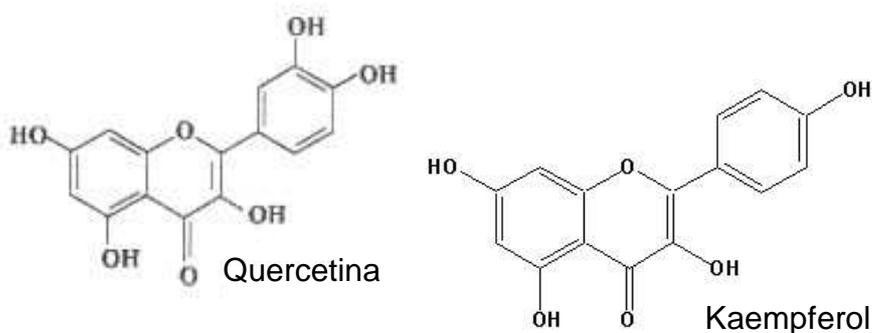


Figura 5 – Estrutura química da quercetina e do kaempferol.

Nas plantas, diversas funções biológicas são desempenhadas pelos flavonóides, tais como:

- (i) proteção dos tecidos vegetais contra danos fotossintéticos; uma vez que são capazes de atuarem como filtros de radiação ultravioleta por absorverem radiação eletromagnética na região de 280 a 315 nm;
- (ii) proteção contra insetos, fungos e bactérias;
- (iii) atraentes de insetos com finalidade de polinização;
- (iv) atividade antioxidante;
- (v) controle da ação de

hormônios vegetais; (vi) agentes alelopáticos; e (vii) inibição enzimática (HARBORNE e WILLIAMS, 2000; HEIM et al, 2002; ZUANAZZI, 2001).

Em relação aos efeitos benéficos à saúde humana, destaca-se a atividade antioxidante (AMIÉ et al, 2003; BALASUNDRAM et al, 2005; CHANG et al, 2005; CHOI et al, 2000; ESTEVES e MONTEIRO, 2001; FRANKE et al, 2004; GORINSTEIN et al, 1999; HEIM et al, 2002; IZQUIERDO et al, 2005; KUSKOSKI et al, 2005; LIMA et al, 2002; LOMBARDI et al, 2005; MONTORO et al, 2005; MORILLAS-RUIZ et al, 2005; PAREJO et al, 2005; PROESTOS et al, 2006; SEERAM et al, 2006; TOOR e SAVAGE, 2005; VALENZUELA, 2004; WANG et al, 2005; WU et al, 2006; YAMAGUCHI et al, 1998; YU et al, 2002; ZHOU e YU, 2005). Vários trabalhos apontam os efeitos biológicos destes compostos; indicando que o consumo de flavonóides pode atuar contra alguns tipos de cânceres (AMIÉ et al, 2003; BIANCHI e ANTUNES, 1999; FRANKE et al, 2004; HEIM et al, 2002; HRYNTSEVICH e SHADYRO, 2005; KUSKOSKI et al, 2005; SEERAM et al, 2006; VALENZUELA, 2004; WANG et al, 2005; WU et al, 2006; YAMAGUCHI et al, 1998; YU et al, 2002; ZHOU e YU, 2005), exercer efeitos hepatoprotetores (HRYNTSEVICH e SHADYRO, 2005), apresentar propriedades anti-neurodegenerativas, como Parkinson e Alzheimer (AMIÉ et al, 2003; KUSKOSKI et al, 2005; SEERAM et al, 2006; ZHOU e YU, 2005), agir também contra doenças estomacais e intestinais (PAREJO et al, 2005), atuar de maneira efetiva contra as doenças cardiovasculares (AMIÉ et al, 2003; BALASUNDRAM et al, 2005; FRANKE et al, 2004; HEIM et al, 2002; KUSKOSKI et al, 2005; MONTORO et al, 2005; PROESTOS et al, 2006; SEERAM et al, 2006; VALENZUELA, 2004; YAMAGUCHI et al, 1998; YU et al, 2002; ZHOU e YU, 2005) e as doenças pulmonares (WU et al, 2006). Além dos citados, os flavonóides também têm vasta ação biológica, apresentando efeito antibacteriano, antiviral, anti-inflamatório, antialérgico (BALASUNDRAM et al, 2005; KUSKOSKI et al, 2005; MONTORO et al, 2005; PAREJO et al, 2005; SEERAM et al, 2006; WU et al, 2006).

Estudos sugerem que a capacidade antioxidante total das frutas e vegetais não é devida somente à presença do ácido ascórbico, mas também de outros compostos que teriam ação sinérgica no sistema, como os flavonóides (GUO et al, 1997; HEIM et al, 2002; HUANG et al, 2005; KUSKOSKI et al, 2005; YAMAGUCHI et al, 1998).

4.1 – Efeito do processamento sobre os flavonóides presentes nos alimentos

Os compostos fenólicos e os flavonóides são moléculas que se encontram acumuladas nos vacúolos dos tecidos vegetais das plantas e das frutas, como metabólitos intermediários, ficando dessa maneira separadas das enzimas oxidativas naturalmente presentes nos vegetais. Quando há lise das células vegetais, após colapso das estruturas celulares, o tratamento térmico não muito severo (temperatura em torno de 80° C) pode incrementar o número de grupos fenólicos livres no sistema, devido ao aumento da extratibilidade dos compostos fenólicos, também à hidrólise dos flavonóides glicosilados que podem estar presentes e, à inativação das enzimas oxidativas dos vegetais, o que pode evitar a perda dos compostos fenólicos liberados das paredes celulares após a lise das células vegetais (CHANG et al., 2005; CHOI et al, 2006; TOOR e SAVAGE, 2006; ZAFRILLA et al, 2001).

Sobre o efeito do processo industrial nos flavonóides em goiaba, há poucos relatos na literatura. Frankie e colaboradores (2004) verificaram os teores de flavonóides em geléia de goiaba, porém não compararam os resultados encontrados com os da fruta *in natura*. Os autores verificaram que a geléia apresentou teor menor que 1,1 mg de flavonóides totais por Kg, dentre os quais <0,4 mg/Kg era miricetina, <0,2 mg/Kg era quercetina, <0,1 mg/Kg era kaempferol, <0,3 mg/Kg era luteolina e <0,1 mg/Kg era apigenina. Em geléia de framboesa, o processo (78° C por 15 minutos) não afetou de maneira significativa os teores de flavonóides (quercetina e kaempferol). Em relação ao fenólico ácido elágico, houve aumento do conteúdo em 2,5 vezes na geléia (ZAFRILLA et al, 2001).

O efeito do processo térmico em *Shiitake* em relação aos compostos fenólicos, provocou aumento destes compostos em 29,3% (após 100° C por 30 minutos) e em 188,3% (após 121° C por 30 minutos), o conteúdo de flavonóides totais também aumentou em 213% após 30 minutos à 100° C (CHOI et al, 2006).

O processo de cocção (90° C por 10 minutos) em folhas de espinafre reteve apenas 50% dos flavonóides totais nas folhas do vegetal, ficando os 50% restante na água de cocção. A atmosfera modificada (12% O₂ e 7% CO₂ por 3 dias e 6% O₂ 14% CO₂ por 7 dias) não influenciou o conteúdo de flavonóides totais (GIL et al, 1999).

Talcoot e Lee (2002) estudaram o comportamento dos teores totais de fenólicos e flavonóides em suco de uva e em vinho. Foi verificado um aumento dos teores desses compostos em vinho, o que os autores atribuíram possivelmente ao efeito do processo de fermentação alcoólica do vinho.

5 – Determinação da atividade antioxidante

Na literatura, existem inúmeros métodos para a determinação da atividade antioxidante de diversos compostos, seja *in vitro* ou *in vivo*. Contudo, os ensaios realizados *in vitro* remetem a uma idéia aproximada do que ocorre em situações complexas *in vivo*; devendo considerar-se também que a capacidade antioxidante de um sistema depende do microambiente em que se encontra um composto, havendo interações entre os compostos, podendo produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios (HUANG et al, 2005; KUSKOSKI et al, 2005; YU et al, 2002).

Os métodos espectrofotométricos são aplicados para estudar a capacidade antioxidante tanto de alimentos como de compostos químicos, usando radicais estáveis e agentes seqüestrantes (BRAND-WILLIAMS et al, 1995; KIM et al, 2002; YU et al, 2002). Uma das maneiras mais utilizada para medir a capacidade antioxidante de compostos, *in vitro*, consiste em determinar a atividade antioxidante frente à formação de substâncias cromógenas de

Figura 6 – Molécula do radical DPPH (*1,1-difenil-2-picrilhidrazila*).

Faz-se necessário considerar que a determinação da atividade antioxidante de um composto não depende somente da concentração e da qualidade da substância antioxidante, como também da interação com outros compostos e da metodologia aplicada, havendo dificuldade na comparação de resultados (HUANG et al, 2005; KUSKOSKI et al, 2005).

Para expressar a capacidade antioxidante dos alimentos, os trabalhos na literatura trazem diferentes possibilidades; os métodos mais comumente usados são o TEAC (capacidade antioxidante em equivalente de Trolox – *6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid*) e o VCEAC (capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C) (KIM, et al, 2002).

O TEAC utiliza o Trolox como referência, um sintético da vitamina E, para avaliar a atividade seqüestrante; um composto que não é encontrado naturalmente nos alimentos. Já o VCEAC, por outro lado, para mensurar a capacidade antioxidante, utiliza como referência um nutriente de ocorrência natural nos alimentos, encontrado abundantemente e que exerce excelente atividade antioxidante: o ácido ascórbico. Desta forma expressa resultados mais próximos da real capacidade antioxidante dos alimentos (KIM et al, 2002).

6 – Sistema de cor CIELAB

Os sistemas que descrevem as cores são conhecidos como modelos de cor.

Um destes sistemas é o sistema CIELAB, que foi desenvolvido pela *Commission Internationale de l'Eclairage (CIE)* para a determinação de

padrões de cores e iluminação e que também é conhecido por Sistema Lab Color ou espaço Lab Color (COLOR GLOSSARY, 2007).

Os parâmetros de cor do sistema CIELAB se localizam dentro de uma esfera de cor definida por três eixos perpendiculares, luminosidade (L^* - o zero é a cor preta e o 100 é a cor branca, indicando maior ou menor grau de luz refletida), índice de saturação (vermelho, a^* - onde valor positivo representa o vermelho e negativo o verde e, amarelo, b^* - onde valor positivo representa o amarelo e negativo o azul), que se relacionam com a refletância ou transmitância da luz visível em um comprimento de onda específico, caracterizando a pureza de uma cor e tonalidade (hue - permite distinguir as tonalidades das colorações de mesma luminosidade, uma vez que se relaciona com as absorbâncias em diferentes comprimentos de onda; o valor de 0° representa o vermelho puro, enquanto que o valor de 180° representa o verde puro). Os valores de L^* , a^* e b^* , matematicamente combinados, permitem calcular as razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$, e os índices Chroma e ângulo hue (ARIAS et al, 2000; LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ, 2004; MÉNDELEZ-MARTINEZ et al, 2005) através das equações (ARIAS et al, 2000):

$$\text{hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* > 0 \text{ e } b^* \geq 0$$

$$\text{hue} = 180 + \tan^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* < 0$$

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Estes parâmetros de cor do sistema CIELAB são medidos por colorímetro triestímulo ou colorímetro-espectrofotômetro, uma vez que os estímulos cromáticos consistem em três sensações diferentes responsáveis pela natureza tridimensional das cores chamadas de hue ou tonalidade, luminosidade ou brilho e saturação ou pigmentação (MÉNDELEZ-MARTINEZ et al, 2005). O uso do colorímetro em uma escala ou índice de cor apropriada fornece dados precisos e quantificáveis sobre a cor de frutas e vegetais e produtos processados, uma vez que

a cor pode ser afetada por fatores como localidade climática da produção, adição de ingredientes e aditivos, variações no processamento e estocagem. Cada vez mais os consumidores se preocupam e exigem a conservação da qualidade nutricional dos alimentos, sendo as características sensoriais dos alimentos os primeiros atributos de qualidade verificados e a cor é um fator de aceitação averiguado antes mesmo do sabor e da textura (MÉNDELEZ-MARTINEZ et al, 2007).

O colorímetro examina uma área extensa da amostra, também mede a cor real e a correlaciona com a observada visualmente. Ao utilizar filtros de cor especializados e detectores luminosos, a sensibilidade humana para a cor é simulada.

A identificação humana da cor é muito complexa porque sensações como brilho, intensidade, luminosidade e outros modificam a percepção das cores primárias (vermelho, azul, verde) e das suas combinações (laranja, amarelo, púrpura, etc) inferindo, na maioria dos casos, na definição da cor cujo resultado é uma interpretação subjetiva (LÓPEZ-CAMELO e GÓMEZ, 2004).

7 – Referências Bibliográficas

1. ALBUQUERQUE, R.J.M.; RODRIGUEZ, L.V.; VIANA, G.S.B. Análise clínica e morfológica da conjuntivite alérgica induzida por ovalbumina e tratada com chalcona em cobaias. **Acta Cir. Bras.**, v.19, p.43-48, 2004.
2. AGOSTINI-COSTA, T.S.; ABREU, L.N.; ROSSETI, A.G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Rev. Bras. Frutic.**, v.25, p.56-58, 2003.
3. AMIÉ, D.; DAVIDOVIÉ-AMIÉ, D.; BESLO, D.; TRINAJSTIÉ, N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. **Croatia Chemica Acta**, v.76, p.55-61, 2003.

4. ARIAS, R.; LEE, T.-C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **J. Agric. Food Chem.**, v.48, p.1697-1702, 2000.
5. BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chem.**, v.99, p.191-203, 2006.
6. BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH, A.-B.A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chem.**, v.80, p.557-563, 2003.
7. BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Rev. Nutr.**, v.12, p.123-130, 1999.
8. BOSKOVIC, A.M. Fate of lycopene in dehydrated tomato products carotenoid isomerization in food system. **J. Food Sci.**, v.44, p.84-86, 1984.
9. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm.-Wiss. U-Technol.**, v.25, p.25-30, 1995.
10. BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, R.H. **Carotenoids: isolation analisys**. Basil: Birkhauser, v.1A, 1995, 187p.
11. BURRI, B.J. Lycopene and human health. *In*: MESKIN, W.R.; BIDLACK, M.S.; DAVIES, A.J.; OMAYE, S.T. **Phytonutrients in health and disease**. CRCPress; Boca Raton, Capter 11, p.157-172, 2002.
12. CARVALHO, V.L. et al. Influência de diferentes níveis de produção sobre a evolução da ferrugem do cafeeiro e sobre teores foliares de compostos fenólicos. **Ciênc. Agrotec.**, v.25, p.49-54, 2001.
13. CEVALLOS-CASALS, B.A.; BYRNE, D.; OKIE, W.R.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. **Food Chem.**, v.96, p.273-280, 2006.

14. CHANG, C.-H.; LIN, H.-Y.; CHANG, C.-Y.; LIU, Y.-C. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **J. Food Eng.**, v.77, p.478-485, 2006.
15. CHEN, B.H.; CHEN, T.M.; CHIEN, J.T. Kinetic model for studying isomerization of α and β -carotene during heating and illumination. **J. Agric. Food Chem.**, v.42, p.2391-2397, 1994.
16. CHOI, H.S.; SONG, H.S.; UKEDA, H.; SAWAMURA, M. Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: detection using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl. **J. Agric. Food Chem.**, v.48, p. 4156-4161, 2000.
17. CHOI, Y.; LEE, S.M.; CHUN, J.; LEE, H.B.; LEE, J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. **Food Chem.**, v.99, p.381-387, 2006.
18. COLOR GLOSSARY. **Color Glossary A-C**. Disponível em www.sapdesignguild.org/resources/glossary%5Fcolor Acesso em 23/03/2007.
19. CONSTANT, P.B.L.; STRINGHETA, P.C.; SANDI, D. Corantes Alimentícios. **CEPPA**, Curitiba, v.20, p.203-220, 2002.
20. COSTA, M.A.L.; ORTEGA-FLORES, C.I.; PENTEADO, M.V.C. Alterações estruturais *in vivo* dos isômeros *todo-trans*, *9-cis* e *13-cis* do β -caroteno. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, p.224-228, 2002.
21. DE MARTIN, Z.; CIA, G.; TEIXEIRA, C.G.; ANGELUCCI, E.; LEITAO, M.F.F.; BLEINROTH, E.W.; TOSELO, Y. Industrialização da polpa de goiaba da variedade vermelha. **Coletân. Instit. Tecnol. Alim.**, v.6, p.11-36, 1975.
22. EL-BULUK, R.E.; BABIKER, E.E.; EL TINAY, A.H. Biochemical and physical changes in fruits of four guava cultivars during growth and development. **Food Chem.**, v.54, p.279-282, 1995.

23. EMADI-KONJIN, P.; VERJEE, Z.; LEVIN, A.V.; ADELI, K. Measurement of intracellular vitamin C levels in human lymphocytes by reverse phase high performance liquid chromatography (HPLC). **Clin. Biochem.**, v.38, p.450-456, 2005.
24. ESCOBAR, A.P.; SYLOS, C.M. **Efeito do processo de obtenção de polpa de goiaba e goiabada sobre os teores de licopeno e de beta-caroteno.** 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, DAN, UNESP, Araraquara, SP.
25. ESTEVES, E.A.; MONTEIRO, J.B.R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas. **Rev. Nutr.**, v.14, p.43-52, 2001.
26. FONTANNAZ, P.; KILINÇ, T.; HEUDI, O. HPLC-UV determination of total vitamin C in a wide range of fortified food products. **Food Chem.**, v.94, p.626-631, 2006.
27. FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos.** São Paulo-SP: Atheneu, 2001, 9.ed., 307 p. ISBN 85-7379-134-9.
28. FRANKE, A.A.; CUSTER, L.J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **J. Food Comp. Analys.** v.17, p.1-35, 2004.
29. FRANKEL, E.N. et al. Evaluation of antioxidant activity of rosemary extracts, carnosol and carnosic acid in bulk vegetable oils and fish oils and their emulsions. **J. Science Food Agricul.**, v.72, p.201-208, 1996.
30. GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F.C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.23, p.66-70, 2003.
31. GARCIA, A.F.; BUTZ, P.; TAUSCHER, B. Effects of high-pressure processing on carotenoid extrability, antioxidant activity, glucose diffusion, and water binding of tomato puree (*Lycopersicon esculentum Mill*). **J. Food Sci.**, v.66, p.1033-1038, 2001.

32. GARDNER, P.T.; WHITE, T.A.C.; MCPHAIL, D.B.; DUTHIE, G.G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chem.**, v.68, p.471-474, 2000.
33. GIL, M.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. **J. Agric. Food Chem.**, v.47, p.2213-2217, 1999.
34. GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAVER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **J. Nutr. Biochem.**, v.10, p.367-371, 1999.
35. HALLIWELL, B. Review: vitamin C and genomic stability. **Mutation Res.**, v.475, p.29-15, 2001.
36. HARBORNE, J.B.; MARBY, T.J.; MARBY, H.. **The flavonoids**. Academic Press, 1204 p., 1975.
37. HARBORNE, J.B.; WILLIAMS, C.A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v.55, p.481-504, 2000.
38. HARTMAN, P.E.; SHANKEL, D.M. Antimutagens and anticarcinogens: a survey of putative interceptor molecules. **Environ. Molec. Mutag.**, v.15, p.145-182, 1990.
39. HE, X.; LIAN, L.; BERNART, M.W. High-performance liquid chromatography-electrospray mass spectrometry in phytochemical analysis of sour orange (*Citrus sinensis*). **J. Chromatogr. A**, v.791, p.127-134, 1997.
40. HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A.R.; BOBILYA, D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **J. Nutr. Biochem.**, v.13, p.572-584, 2002.
41. HRYNTSEVICH, I.B.; SHADYRO, O.I. Reactions of α -hydroxyethyl radicals with flavonoids of various structures. **Bioorg. Med. Chem. Lett.**, v.15, p.4252-4255, 2005.

42. HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R.L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **J. Agric. Food Chem.**, v.53, p.1841-1856, 2005.
43. IBGE. **Estudo nacional da despesa familiar**. Tabela de composição de alimentos. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 1999, 5.ed., 137 p. ISBN 85-240-0728-1.
44. IEA – SP. **Instituto de Economia Agrícola**. Disponível em <www.iea.sp.gov.br> Acesso em 11/04/2007.
45. IZQUIERDO, A.G. et al. "Efeito da conservação e processamento da laranja e seu suco sobre o conteúdo, estabilidade e bio-disponibilidade de seus constituintes bioativos", **Tese Doutorado**, CEBAS, 2005.
46. JAWAHEER, B.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Effect of processing and storage of guava into jam and juice on the ascorbic acid content. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v.58, p.1-12, 2003.
47. KIM, D.O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.H. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **J. Agric. Food. Chem.**, v.50, p.3713-3717, 2002.
48. KOES, R.E.; QUATTROCCHIO, F.; MOL, J.N.M. The flaonoid biosynthetic pathway in plants: function and evolution. **Bioessays**, v.16, p.123-132, 1994.
49. KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRANCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciênc. Technol. Aliment.**, v.25, p.726-732, 2005.
50. KRIS-ETHERTON, P.M.; HECKER, K.D.; BONANOME, A.; COVAL, S.M.; BINKOSKI, A.E.; HILPERT, K.F.; GRIEL, A.E.; ETHERTON, T.D. Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. **The American Journal of Medicine**, v.113, p.71-88, 2002.
51. LAZARUS, S.; CATIGNANI, G.L.; WILLCOX, J.K. Tomatoes and cardiovascular health. **Crit. Rev. Food Sci. Nut.**, v.43, p.1-18, 2003.

52. LE GALL, G.; DUPONT, M.S.; MELLON, F.A.; DAVIS, A.L.; COLLINS, G.J.; VERHOEYEN, M.E.; COLQUHOUN, I.J. Characterization and content of flavonoid glycosides in genetically modified tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits. **J. Agric. Food Chem.**, v.51, p.2438-2446, 2003.
53. LEE, M.T.; CHEN, B.H. Separation of lycopene and its *cis* isomers by liquid chromatography. **Chrom.**, v.54, p.613-617, 2001.
54. LEE, M.T.; CHEN, B.H. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. **Food Chem.**, v.78, p.425-432, 2002.
55. LESSIN, W.J.; CATIGANI, G.L.; SCHWARTZ, S.J. Quantification of *cis-trans* isomers of provitamin A carotenoids in fresh and processed fruits and vegetables. **J. Agric. Food Chem.**, v.45, p.3728-3732, 1997.
56. LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; LIMA, D.E.S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agric.**, v.59, p.447-450, 2002.
57. LIN, C.H.; CHEN, B.H. Determination of carotenoids in tomato juice by liquid chromatography. **J. Chromatogr. A.**, v.1012, p.103-109, 2003.
58. LOMBARD, K.; PEFFLEY, E.; GEOFFRIAU, E.; THOMPSON, L.; HERRING, A. Quercetin in onion (*Allium cepa* L.) after heat-treatment simulating home preparation. **J. Food Comp. Anal.**, v.18, p.571-581, 2005.
59. LÓPEZ CAMELO, A.F.L.; GÓMEZ, P.A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Hortic. Bras.**, v.22, p.534-537, 2004.
60. MACLEAN, D.D.; MURR, D.P.; DEELL, J.R.; HORVATH, C.R. Postharvest variation in apple (*Malus domestica* δ Borkh.) flavonoids following harvest, storage, and 1-MCP treatment. **J. Agric. Food Chem.**, v.54, p.870-878, 2006.

61. MANSO, M.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; OLIVEIRA, J.C.; FRIAS, J.M. Modelling ascorbic acid thermal degradation and browning in orange juice under aerobic conditions. **Int. J. Food Sci. Tech.**, v.36, p.303-312, 2001.
62. MARX, M.; STUPARIC, M.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Effects of thermal processing on *trans-cis*-isomerization of β -carotene in carrot juices and carotene-containing preparations. **Food Chem.**, v.83, p.609-617, 2003.
63. MATITIUZ, B.H.; DURIGAN, J.F.; ROSSI JUNIOR, O.D. Processamento mínimo em goiabas 'paluma' e 'pedro sato'. 2-Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.23, p.409-413, 2003.
64. MEDEIROS, E. Licopeno, luteína e zeaxantina: mais do que potentes antioxidantes. **Aditivos e Ingredientes**. v.24, p.49-54, 2003.
65. MEDINA, I.; SAUTÉ-GRACIA, M.T.; GERMAN, J.B.; FRANKEL, E.N. Comparison of natural polyphenol antioxidants from extra virgin olive oil with synthetic antioxidants in tuna lipids during thermal oxidation. **J. Agric. Food Chem.**, v.47, p.4873-4879, 1999.
66. MELLO, M.C. **Flores e microalgas como fontes alternativas de carotenóides**. 2002. 113f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, SP.
67. MELTZER, W. Fresh Food Comparison. 1998. In: *Center for Science in the Public Interest* (Nutrition Action Health Letter). www.cspinet.org. Acesso em 11/04/2007. *National Agricultural Library*. www.nal.usda.gov. Acesso em 11/04/2007.
68. MÉNDELEZ-MARTINEZ, A.J.; VICARIO, I.M.; HEREDIA, F. Instrumental measurement of orange juice color: a review. **J. Sci. Food Agric.**, v.85, p.894-901, 2005.
69. MÉNDELEZ-MARTÍNEZ, A.J.; BRITTON, G., VICARIO, I.M.; HEREDIA, F. Relationship between the colour and the chemical structure of carotenoid pigments. **Food Chem.**, v.101, p.1145-1150, 2007.

70. MERCADANTE, A.Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Carotenoids from guava (*Psidium guajava* L.): isolation and structure elucidation. **J. Agric. Food Chem.**, v.47, p.145-151, 1999.
71. MIEAN, K.H.; MOHAMED, S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin, and apigenin) content of edible tropical plants. **J. Agric. Food Chem.**, v.49, p.3106-3112, 2001.
72. MILANESIO, M.; BIANCHI, R.; UGLIENGO, P.; ROETTI, C.; VITERBO, D. Vitamin C at 120 K: experimental and theoretical study of the charge density. **J. Mol. Struct. (Theochem)** v.419, p.139-154, 1997.
73. MÍNGUEZ-MOSQUEIRA, M.I; HONERO, D. Analysing changes in fruit pigments. In: MAC DOUGALL, D. (Ed.). **Colour in food: improving quality**. 2002. 378p.
74. MONTORO, P.; BRACA, A.; PIZZA, C.; TOMMASI, N. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. **Food Chem.**, v.92, p.349-355, 2005.
75. MOSER, U.; BENDICH, A. Vitamin. In: MACHILIN, L.J. **Handbook of vitamins**. 2nd. Ed. New York: Marcel Dekker, 1991. p.195-232.
76. MORATA, A.; GONZÁLEZ, C.; SUÁREZ-LEPE, J.A. Effects of pH, temperature and SO₂ on the formation of pyranoanthocyanins during red wine fermentation with two species of *Sccharomyces*. **Food Microbiol.**, v.116, p.123-129, 2006.
77. MORILLAS-RUIZ, J.M.; GARCIA, J.A.V.; LÓPEZ, F.J.; VIDAL-GUEVARA, M.L.; ZAFRILLA, P. Effects of polyphenolic antioxidants on exercise-induced oxidative stress. **Clinical Nutr.**, v.25, p.444-453, 2006.
78. MOULY, P.P.; ARZOUYAN, C.R.; GAYDOU, E.M.; ESTIENNE, J.M. Differentiation of Citrus juices by factorial discriminant analysis using liquid chromatography of flavanone glycosides. **J. Agric. Food Chem.**, v.42, p.70-79, 1994.

79. NAGY, S. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. **J. Agric. Food Chem.**, v.28, p.8-18, 1980.
80. NGUYEN, M.; FRANCIS, D.; SCHWARTZ, S. Thermal isomerisations susceptibility of carotenoids in different tomato varieties. **J. Sci. Food Agric.**, v.81, p.910-917, 2001.
81. NOGUEIRA, J.N.; SOYBIHE SOBRINHO, J.; VENSICOVSKY, R.; FONSECA, H. Efeito do armazenamento nos teores de ácido ascórbico e beta-caroteno em goiaba liofilizada. **Arch. Latinoam. de Nutr.**, v.28, p.363-377, 1978.
82. NUNES, I.L.; MERCADANTE, A.Z. Obtenção de cristais de licopeno a partir de descarte de tomate. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.24, p.440-447, 2004.
83. OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **J. Chromatogr. A.**, v.881, p.543-555, 2000.
84. PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of brasilian guavas (*Psidium guajava L.*). **Food Chem.**, v.20, p.11-19, 1986.
85. PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; MORAES, M.A.C. Comparison of the carotenoid composition and general properties of the processed juice cultivar IAC-4 and commercial juices. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.3, p.109-116, 1983.
86. PORCÚ, O.M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Fatores que influenciam na composição de carotenóides em goiaba, acerola, pitanga e seus produtos processados.** 2004. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas, SP.
87. POTT, I.; MARX, M.; NEIDHART, S.; MÜHLBAUER, W.; CARLE, R. Quantitative of β -carotene stereoisomers in fresh, dried and solar-dried mangones (*Mangifera indica L.*). **J. Agric. Food Chem.**, v.51, p.4527-4531, 2003.

88. REYS, L.F.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple- and red-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). **Food Chem.**, v.100, p.885-894, 2007.
89. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods.** Arlington: John Snow Inc./OMNI Project, 1997. 88p.
90. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in food.** Washington, DC: OMNI Research, 1999. 64p. ISBN 1-57881-072-8.
91. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; TAVARES, A.C. Carotenoid composition of brazillian tomatoes and tomato products. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.**, v.27, p.219-224, 1994.
92. ROJAS, A.M.; GERSCHENSON, L.N. Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems. **Lebensm.-Wiss. U-Technol.**, v.30, p.567-572, 1997.
93. SACCHETTI, G.; MAIETTI, S.; MUZZOLI, M.; SCAGLIANTI, M.; MANFREDINI, S.; RADICE, M.; BRUNI, R. Comparative evaluation of 11 essential oils of dofferent origin as functional antioxidants, antiradicals and antimicrobials in foods. **Food Chem.**, v.91, p.621-632, 2005.
94. SANZ, M.L.; VILLAMIEL, M.; MARTÍNEZ-CASTRO, I. Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices. **Food Chem.**, v.87, p.325-328, 2004.
95. SATYANARAYANA, K.; RAO, M. N. A. Anti-inflammatory analgesic and antipyretic activities of 3-(4-dimethylaminophenyl)-1-oxo-2-propenyl)phenyl) sydmone. **Indian Drugs**, v.30, p.313-318, 1993.
96. SEERAM, N.P.; LEE, R.; SCHEULLER, H.S.; HEBER, D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. **Food Chem.**, v.97, p.1-11, 2006.

97. SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Rev. Nutr.**, v.17, p.227-236, 2004.
98. SHAMSUDIN, R.; MOHAMED, I.O.; YAMAN, N.K.M.. Thermophysical properties of Thai seedless guava juice as affected by temperature and concentration. **J. Food Eng.**, v.66, p.395-399, 2005.
99. SHAW, P.E.; NAGY, S.; ROUSEFF, R.L. The shelf life of citrus products. In: CHARALAMBOUS, G. **Shelf life studies of food and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects**. Amsterdam: Elsevier, 1993. p.755-778.
100. SHI, J.; LE MAGUER, M. Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. **Crit. Rev. Biotech.**, v.4, p.293-334, 2000.
101. SILVA, F.O. Total ascorbic acid determination in fresh squeezed orange juice by gas chromatography. **Food Control**, v.16, p.55-58, 2005.
102. SILVA, S.R.; MERCADANTE, A.Z. Composição de carotenóides de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis flavicarpa*) in natura. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, p.254-258, 2002.
103. SIVAM, G. Analysis of flavanoids. **Methods of analysis for functional food and nutraceuticals**. Ed. W.J. Hurst. Cap.9, 2002, p.350.
104. SOARES, S.E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Rev. Nutr.**, v.15, p.71-81, 2002.
105. SUNTORNSUK, L.; GRITSANAPUN, W.; NILKAMHANK, S.; PAOCHOM, A. Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, v.28, p.849-855, 2002.
106. TALCOTT, S.; LEE, J.H. Ellagic acid and flavonoids antioxidant content of muscadine wine and juice. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.3186-3192, 2002.
107. THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **J. Food Comp. Anal.**, v.19, p.669-675, 2006.

108. TODA FRUTA. Disponível em <www.todafruta.com.br> Acesso em 11/04/2007.
109. TOOR, R.K.; SAVAGE, G.P. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. **Food Research Int.**, v.38, p.487-494, 2005.
110. TOOR, R.K.; SAVAGE, G.P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. **Food. Chem.**, v.94, p.90-97, 2006.
111. UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; DING, L.; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **J. Food Engin.**, v.51, p.21-26, 2002.
112. VALENZUELA, B.A. El consume te y la salud: características y propiedades benéficas de esta bebida milenaria. **Rev. Chil. Nutr.**, v.31, p.72-82, 2004.
113. VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; CIVELLO, P.M. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. **Posth. Biol. Technol.**, v.40, p.116-122, 2006.
114. VIEIRA, M.C.; TEIXEIRA, A.A.; SILVA, C.L. Mathematical modeling of the thermal degradation kinetics of vitamin C in cupuaçu (*Teobroma grandiflorum*) nectar. **J. Food. Eng.**, v.43, p.1-7, 2000.
115. WANASUNDARA, U. N.; SHAHIDI, F. Antioxidant and prooxidant activity of green tea extracts in marine oils. **Food Chem.**, v.63, p.335-342, 1998.
116. WANG, Y.; CAO, J.; WENG, J.H.; ZENG, S.U. Simultaneous determination of quercetin, kaempferol and isorhamnetin accumulated human breast cancer cells, by high-performance liquid chromatography. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, v.39, p.328-333, 2005.
117. WAWRZYNIAK, A. The role of lycopene in the human organism: an update – a review. **Pol. J. Food Nutr. Sci.**, v.11/52, p.3-12, 2002.
118. WILBERG, V.C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.**, v.28, p.474-478, 1995.

119. WU, L.C.; HSU, H.W.; CHEN, Y.C.; CHIU, C.C.; LIN, Y.I.; HO, J.A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chem.**, v.95, p.319-327, 2006.
120. YAMAGUCHI, T.; TAKAMURA, H.; MATOBA, T.; TERAOKA, J. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, v.62, p.1201-1204, 1998.
121. YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava L.*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.20, p.27-31, 2000.
122. YOKOZAWA, T. et al. Antioxidant activity of flavones and flavanols in vitro. **Phytother. Res.**, v.11, p.446-450, 1997.
123. YU, L.; HALEY, S.; PERRET, J.; HARRIS, M.; WILSON, J.; QIAN, M. Free radical scavenging properties of wheat extracts. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.1619-1624, 2002.
124. YUONG, A.J.; LOWE, G.M. Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. **Arch. Biochem. Biophys.**, v.385, p.20-27, 2001.
125. YUSOF, S.; CHIONG, L.K. Effects of brix, processing techniques and storage temperature on the quality of carambola fruit cordial. **Food Chem.**, v.59, p.27-32, 1997.
126. ZAFRILLA, P.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams. **J. Agric. Food Chem.**, v.49, p.3651-3655, 2001.
127. ZHOU, K.; YU, L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.**, v.39, p.1155-1162, 2006.
128. ZUANAZZI, J.A.S. Flavanóides. In: SIMÕES, C.M.O. et al. **Farmacognosia da planta ao medicamento**. 3.ed. Porto Alegre, Florianópolis: UFRGS/UFSC, 2001. p.499-526.

CAPÍTULO 2:

*“Compostos antioxidantes em goiaba cv. Paluma
(Psidium guajava)”*

COMPOSTOS ANTIOXIDANTES EM GOIABA CV. PALUMA (*Psidium guajava*)*

Ana Paula Wolf TASCA**

Célia Maria de SYLOS**

RESUMO: A goiaba é fonte de ácido ascórbico, carotenóides e compostos fenólicos, que são considerados agentes antioxidantes. A atuação conjunta desses compostos traz inúmeros benefícios para a saúde humana. O ácido ascórbico atua contra o escorbuto e em importantes processos metabólicos. Os carotenóides, além de alguns apresentarem atividade pró-vitamínica A, têm ação contra alguns tipos de cânceres e contribuem para a diminuição do risco de doenças degenerativas e coronarianas. Os compostos fenólicos também atuam contra alguns tipos de cânceres e doenças cardiovasculares, apresentam propriedades anti-neurodegenerativas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a goiaba cv. *Paluma*, em relação aos teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais, além de

mensurar a atividade antioxidante da fruta. O teor de ácido ascórbico variou entre 52,36 e 63,83 mg/100g enquanto que as concentrações de carotenóides totais, expressa em termos de licopeno, variou entre 6,64 e 8,66 mg/100g. Os flavonóides representaram cerca de 13% (125,22 a 187,41 mg rutina/100g) do teor de fenólicos totais (1047,55 a 1462,86 mg ácido gálico/100g). Os resultados mostraram que a goiaba é excelente fonte de antioxidantes, apresentando expressiva capacidade antioxidante.

* Parte de dissertação de Mestrado do primeiro autor, Análise de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP, 14801-902, Araraquara, SP, Brasil.

** Laboratório de Análise de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP, 14801-902, Araraquara, SP, Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Goiaba; Ácido Ascórbico; Carotenóides; Compostos Fenólicos; Flavonóides; Capacidade Antioxidante.

ABSTRACT: The guava is a source of ascorbic acid, carotenoids and phenolic compounds, which are considered antioxidants. The joint action of these compounds brings many benefits to human health. The ascorbic acid acts against scurvy and in important metabolic processes. The carotenoids, in addition to presenting some pro-vitamin A activity, have action against some types of cancers and contribute to the reduction of the risk of degenerative diseases and coronary. The phenolic compounds also work against some types of cancers and cardiovascular diseases, have properties anti-neurodegenerative. The aim of this study was to evaluate the guava cv. *Paluma*, in relation to the content of ascorbic acid, total carotenoids, total phenolic and flavonoids total, in addition to measure the antioxidant activity of fruit. The content of ascorbic acid ranged between 52.36 and 63.83mg/100g while the concentrations of total carotenoids, in terms of lycopene, ranged between 6.64 and 8.66mg/100g. The

flavonoids accounted for about 13% (125.22 to 187.41mg rutin/100g) of the total phenolic content of (1047.55 to 1462.86mg galic acid/100g). The results showed that the guava is an excellent source of antioxidants, presenting significant antioxidant capacity.

KEYWORDS: Guava; Ascorbic Acid; Carotenoids; Phenolic Compounds; Flavonoids; Antioxidant Capacity.

Introdução

A goiaba pertence à família *Myrtaceae*, ao gênero *Psidium*, originária da América Central, é de distribuição vasta e bastante antiga, existindo mais de 70 gêneros e de 2800 espécies (GORINSTEIN et al, 1999; SHAMSUDIN, 2005; UDDIN et al, 2002). O Brasil é o segundo produtor mundial de goiaba e as cultivares mais plantadas são *Kumagai*, *Pedro Sato*, *Sassaoka*, *Paluma*, *Rica*, *Século XXI*, *IAC-4*, com uma produção em torno de 300 mil toneladas (EL-BULUK et al, 1995; IEA – SP, 2007).

Do ponto de vista nutricional, a goiaba é excelente fonte de vitaminas (B₁, B₂, B₆, C), principalmente de vitamina C, minerais (cálcio, ferro, fósforo, potássio, zinco), fibras, carotenóides (licopeno e β -caroteno) e flavonóides (quercetina, kaempferol e myricetina). Alguns destes compostos são importantes agentes antioxidantes (vitaminas, carotenóides e compostos fenólicos), e a atuação conjunta destes compostos podem trazer inúmeros benefícios para a saúde humana (FRANKE et al, 2004; GARDNER et al, 2000; MIEAN e

MOHAMED, 2001; THAIPONG et al, 2006; TOYODA et al, 1997; YAMASHITA e BENASSI, 2000).

A vitamina C é essencial na dieta humana uma vez que não é sintetizada pelo organismo; é conhecida por prevenir o escorbuto e por atuar em importantes processos metabólicos, na síntese de lipídeos e proteínas, metabolismo de carboidratos, respiração celular, formação e manutenção de colágeno, regeneração dos tecidos, prevenção de sangramento, reduzindo o risco de infecções e facilitando a absorção de minerais. Mais recentemente, tem-se destacado sua ação antioxidante, protegendo as células e os tecidos do processo oxidativo (FRANKE et al, 2004; GARDNER et al, 2000; HALLIWELL, 2001; KIM et al, 2002; MILANESIO et al, 1997; MOSER e BENDICH, 1991; SILVA, 2005; SUNTORNSUK et al, 2002). O conteúdo de ácido ascórbico da goiaba varia de 50 – 300 mg/100g, dependendo da cultivar e das condições de plantio (AZZOLINI et al, 2004; BASHIR et al, 2003; BORGUINI e TORRES, 2006; GORINSTEIN et al, 1999; IBGE, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; SANZ et al, 2004; THAIPONG et al, 2006; UDDIN et al, 2002).

Os carotenóides conferem cor aos alimentos e exercem numerosas funções biológicas, que conferem benefícios à saúde (BRITTON et al, 1995; LEE e CHEN, 2001; OLIVER e PALOU, 2000; RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999). Alguns carotenóides apresentam atividade pró-vitamínica A, potencial ação contra alguns tipos de cânceres, contribuindo para a diminuição do risco de doenças degenerativas e coronarianas, previnem a formação de catarata, atuam na redução da degeneração macular relacionada ao envelhecimento, fortalecem o sistema imunológico e, atuam como excelentes antioxidantes (agentes quimiopreventivos), seqüestrando e inativando os radicais livres (AGOSTINI-COSTA et al, 2003; BRITTON et al, 1995; BURRI, 2002; LEE e CHEN, 2002; LIMA et al, 2002; OLIVER e PALOU, 2000; SHAMI e MOREIRA, 2004; WAWRZYNIAK, 2002; YUONG e LOWE, 2001). Os principais carotenóides encontrados na goiaba são o licopeno (variando entre 76 a

86%) e o β -caroteno (aproximadamente 12,5%) (ESCOBAR e SYLOS, 2006; PADULA e RODRIGUEZ-AMAYA, 1985).

Os fenólicos e os flavonóides compreendem ampla classe de compostos, não sendo sintetizados no organismo humano. Apresentam excelente atividade antioxidante, previnem reações degenerativas produzidas por espécies reativas de oxigênio e nitrogênio, seqüestrando os radicais livres, podendo atuar contra alguns tipos de cânceres (AMIÉ et al, 2003; BIANCHI e ANTUNES, 1999; FRANKIE et al, 2004; HEIM et al, 2002; HRYNTSEVICH e SHADYRO, 2005; KUSKOSKI et al, 2005; SEERAM et al, 2006; VALENZUELA, 2004; WANG et al, 2005; WU et al, 2006; YAMAGUCHI et al, 1998; YU et al, 2002; ZHOU e YU, 2005). Podem exercer efeitos hepatoprotetores (HRYNTSEVICH e SHADYRO, 2005), apresentar propriedades anti-neurodegenerativas, atuando contra doenças como Parkinson e Alzheimer (AMIÉ et al, 2003; KUSKOSKI et al, 2005; SEERAM et al, 2006; ZHOU e YU, 2005), agir contra doenças estomacais e intestinais (PAREJO et al, 2005), atuar de maneira efetiva contra as doenças cardiovasculares, por inibirem a oxidação do LDL colesterol e promoverem o aumento do HDL colesterol (AMIÉ et al, 2003; BALASUNDRAM et al, 2005; FRANKIE et al, 2004; HEIM et al, 2002; KUSKOSKI et al, 2005; MONTORO et al, 2005; PROESTOS et al, 2006; SEERAM et al, 2006; VALENZUELA, 2004; YAMAGUCHI et al, 1998; YU et al, 2002; ZHOU e YU, 2005).

No país, o consumo da goiaba *in natura* é baixo, aproximadamente 300g/per capita/ano (IEA – SP, 2007). As variedades *Kumagai*, *Pedro Sato*, *Sassaoka* e *Ogawa* são comercializadas mais para o consumo *in natura* da fruta, enquanto que a variedade *Paluma* é mais utilizada para o processamento industrial (EL-BULUK et al, 1995; IEA – SP, 2007).

Este trabalho teve por objetivo avaliar a composição da goiaba cv. *Paluma*, em relação aos compostos antioxidantes (ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais), bem como a determinação da atividade antioxidante da mesma.

Material e métodos

Material

As amostras de goiaba vermelha (*Psidium guajava*) cv. *Paluma* foram fornecidas por *Alimentos Predilecta LTDA*, do município de Matão (SP). Foram coletadas amostras de diferentes datas de produção (outubro e novembro de 2006 e março e abril de 2007) e as análises realizadas em triplicata. A indústria que forneceu as amostras de goiaba possui diferentes fornecedores, de diversas cidades da região de Matão, portanto os lotes analisados neste estudo compreendem frutas oriundas de diferentes plantações.

Preparo das amostras

Uma amostragem das goiabas, aproximadamente 15 unidades de tamanho grande, foram higienizadas com água e liquidificadas, com casca e sementes, até obtenção de uma massa homogênea de consistência pastosa. As amostras foram acondicionadas em frascos âmbar esterilizados e congeladas à -18°C em freezer.

Métodos

Ácido Ascórbico. O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado titulometricamente com 2,6 diclorofenolindofenol 0,025%, de acordo com metodologia descrita pela A.O.A.C. (1990).

Acidez Total Titulável (ATT) e Sólidos Solúveis Totais (SST). De acordo com metodologia descrita pela A.O.A.C. (1990).

Carotenóides Totais. A extração foi realizada segundo Teixeira e Sylos (2006). Os carotenóides foram extraídos de cinco gramas de amostra com metanol:éter etílico (1:1) sob agitação em vortex por 2 minutos e centrifugadas pelo mesmo tempo a 6500 rpm; o processo foi repetido até o resíduo tornar-se incolor. Os extratos foram coletados em funil de separação

com éter de petróleo e éter etílico e, o metanol removido através de sucessivas lavagens com água destilada. O conteúdo de carotenóides totais foi determinado espectrofotométricamente, com leitura da absorbância do extrato etéreo a 470 nm (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999) em espectrofotômetro Beckman DU640. Utilizou-se o coeficiente de extinção do licopeno ($E_{1\text{cm}}^{1\%} = 3450$ em éter de petróleo) para realização dos cálculos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Fenólicos Totais. O conteúdo de fenólicos totais foi determinado através do método colorimétrico Folin-Ciocalteu (SCALBERT et al, 1989; TOOR e SAVAGE, 2006). A extração foi realizada com 10 ml de acetona 70% (YU e DAHEGREN, 2000) e a massa utilizada na extração foi 0,15 grama. As amostras foram misturadas ao solvente extrator por 1 minuto em vortex, mantidas no escuro por 1 hora em temperatura ambiente e em seguida centrifugadas a 6500 rpm por 2 minutos. Em temperatura controlada (50° C em banho-maria), à 0,5 ml dos extratos das amostras foram adicionados 2,5 ml do reagente Folin-Ciocalteu 0,2N (1:10), após 5 minutos foram adicionados 2 ml de carbonato de sódio (75g/l) e após 5 minutos, as amostras foram resfriadas e a leitura da absorbância foi realizada a 760 nm em espectrofotômetro Beckman DU640. A curva analítica foi construída com padrão de ácido gálico monohidratado (100µg/ml água), nas concentrações de 5, 10, 20, 30 e 40µg/ml. Os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico.

Flavonóides Totais. A extração foi realizada da mesma maneira que para os fenólicos totais, com acetona 70% (YU e DAHEGREN, 2000) e a massa utilizada na extração foi 2,5 gramas. A determinação do conteúdo de flavonóides totais baseou-se em metodologia descrita por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999). À 5 ml dos extratos das amostras foram adicionados 0,3 ml de nitrito de sódio 5% (p/v) (t=0). Após 5 minutos, 0,6 ml de cloreto de alumínio 10% (p/v) foram adicionados. A reação foi interrompida (t=11 minutos) com adição de 2 ml de hidróxido de sódio 1N e 2,1 ml de água. As amostras foram filtradas em papel de filtro

Whatman nº 01 e a leitura da absorbância realizada a 510 nm em espectrofotômetro Beckman DU640. Para a construção da curva analítica utilizou-se padrão de rutina (1000µg/ml), nas concentrações de 100, 200, 300, 400 e 500µg/ml. Os resultados foram expressos em equivalente de rutina.

Capacidade Antioxidante (*atividade antiradical DPPH•*). A atividade antiradical DPPH• foi medida a partir da redução do radical DPPH (*1,1-difenil-2-picrilhidrazila*) (BRAND-WILLIAMS et al, 1995). Para extração, 6 ml de etanol foram misturados às amostras por 2 minutos em vortex e centrifugados a 6500 rpm por 5 minutos (VICENTE et al, 2006). Para a reação, 1575µl da solução de DPPH (100µM em metanol) foram adicionadas à 1000µl dos extratos das amostras, mantidos no escuro, em temperatura ambiente, por 30 minutos. A leitura da absorbância foi feita a 515 nm em espectrofotômetro Beckman DU640, logo após a mistura (t=0) e após a reação (t=30 minutos). Os resultados foram expressos em % DPPH remanescente, calculado de acordo com a equação:

$$\%DPPH_{rem} = 100 \times [DPPH]_{rem} / [DPPH]_{t=0}$$

Outro parâmetro utilizado para a mensuração da capacidade antioxidante foi o VCEAC (*capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C*) (KIM et al, 2002).

A capacidade antioxidante das amostras da goiaba cv. *Paluma* foram comparadas com padrões de ácido ascórbico, ácido gálico, rutina, BHT, licopeno e β-caroteno. Os padrões de ácido ascórbico, ácido gálico, rutina e BHT foram preparados em metanol com concentração final de 50mM. Já os padrões de carotenóides (licopeno e β-caroteno), foram respectivamente extraídos da polpa de tomate e da cenoura, isolados e purificados de acordo com Kimura e Rodriguez-Amaya (2002), com concentração final de 1,25mM em hexano e acetona (1:1).

Análise Estatística. O experimento foi delineado mediante análise de variância de 5% de probabilidade; utilizou-se ANOVA e comparação das médias através do teste de Tukey (p

<0,05). A correlação entre os compostos antioxidantes e a capacidade antioxidante foi estabelecida através do coeficiente de correlação de Pearson.

Resultados e discussões

Embora o Brasil seja o segundo produtor mundial de goiaba ainda são poucos os dados existentes sobre a sua composição, os encontrados referem-se às frutas consideradas de mesa (consumo *in natura*) como a *Pedro Sato*. Em relação aos constituintes antioxidantes existem mais dados sobre as concentrações de ácido ascórbico e de carotenóides do que sobre os compostos fenólicos.

Em relação à cultivar *Paluma*, variedade usada para processamento industrial, as informações são mais escassas. Na Tabela 1 estão apresentadas as concentrações de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais obtidos nos 4 lotes de frutas analisadas no presente estudo.

Tabela 1 – Teores médios de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais presentes na goiaba cv. *Paluma*.

	Ácido Ascórbico* (mg/100g)	Carotenóides Totais* (mg licopeno/100g)	Fenólicos Totais*(mg ácido gálico/100g)	Flavonóides Totais* (mg rutina/100g)
Lote				
1	63,83 ± 0,01 ^a	8,66 ± 0,70 ^a	1069,54 ± 8,16 ^{ac}	142,17 ± 1,30 ^a
2	63,28 ± 0,99 ^a	8,57 ± 1,52 ^a	1462,86 ± 3,92 ^b	187,41 ± 0,59 ^b
3	52,36 ± 0,47 ^b	6,64 ± 0,04 ^b	1090,34 ± 9,96 ^a	125,22 ± 0,34 ^c
4	56,09 ± 0,01 ^c	7,64 ± 1,12 ^c	1047,55 ± 3,30 ^c	145,79 ± 2,69 ^a

* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Ácido Ascórbico

Os conteúdos de ácido ascórbico dos quatro lotes variaram entre 52,36 e 63,83 mg/100g. Sendo que nos lotes 1 e 2 os teores foram significativamente maior ($p < 0,05$) em relação aos demais (Tabela 1). Essas variações podem ser devido ao grau de maturação dos frutos, pois quanto mais maduros são os frutos, maiores são os teores de vitamina C (CAVALINI et al, 2006).

Os resultados obtidos neste trabalho foram maiores que os encontrados na goiaba cv. *Pedro Sato*, por Azzolini e colaboradores (2004) (30,4 a 48,8 mg/100g) e menores que os obtidos na goiaba cv. *Ruby Supreme* por Thaipong e colaboradores (2006) (174,2 mg/100g).

A goiaba branca apresentou, em média, cerca de 33% a mais de ácido ascórbico do que a goiaba vermelha, dependendo das cultivares (BASHIR et al, 2003; THAIPONG et al, 2006).

Carotenóides Totais

O licopeno representa mais de 85% dos carotenóides totais presentes na goiaba (Escobar e Sylos, 2006). Desta forma, o teor de carotenóides totais foi determinado a 470 nm (ao invés de 450 nm) e expresso em termos de licopeno. Os teores de carotenóides totais variaram de 6,64 a 8,66 mg licopeno/100g. Nos resultados obtidos para carotenóides totais, verificou-se comportamento semelhante ao encontrado na análise de ácido ascórbico; houve diferença estatística não significativa ($p < 0,05$) entre os lotes 1 e 2, sendo os valores encontrados maiores que aqueles dos lotes 3 e 4 (Tabela 1).

Thaipong e colaboradores (2006), compararam diferentes cultivares de goiaba vermelha (*Fan Retief* e *Ruby Supreme*) e branca (*Allahabad Safeda*) e encontraram teores de 1,6, 2,9 e 0,8 mg de β -caroteno/100g. Escobar e Sylos (2006), encontraram teor médio de carotenóides totais de 6,9 mg de β -caroteno/100g de goiaba cv. *Paluma* e *Padula* e Rodriguez-Amaya (1986), na cv. IAC-4 o teor médio de carotenóides encontrado foi de 6,2 mg de β -caroteno/100g. Teores de 4,5 a 6,1 mg de licopeno/100g e de 0,3 a 0,6 mg de β -caroteno/100g.

foram encontrados na goiaba *in natura*, cultivar não identificada (WILBERG e RODRIGUEZ-AMAYA, 1995).

Fenólicos e Flavonóides Totais

Na goiaba cv. *Paluma*, os flavonóides representaram cerca de 13,0% do conteúdo de fenólicos totais (13,3, 12,8, 11,5 e 13,9% respectivamente para os lotes 1, 2, 3 e 4). É possível que a contribuição dos ácidos fenólicos seja maior que a dos flavonóides no teor de fenólicos totais.

Os conteúdos de fenólicos totais dos quatro lotes variaram entre 1047,55 e 1462,86 mg ácido gálico/100g. Não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os lotes 1 e 3 e, 1 e 4. O lote 2, que continha o maior teor, apresentou diferença significativa em relação aos demais. Em relação aos flavonóides totais, os teores encontrados variaram de 125,22 a 187,41 mg rutina/100g, e verificou-se diferença não significativa ($p < 0,05$) entre os lotes 1 e 4 (Tabela 1).

Os valores encontrados na literatura referem-se a outras cultivares. Segundo Gorinstein e colaboradores (1999), a goiaba tem um conteúdo de polifenóis bastante expressivo e mais elevado quando comparada a outras frutas como abacaxi, maçã, caqui, lichia e manga verde. A cultivar *Klom Sali* possui 3743 mg ácido gálico/100g. Thaipong e colaboradores (2006), comparam diferentes cultivares de goiaba vermelha (*Fan Retief* e *Ruby Supreme*) e branca (*Allahabad Safeda*) e encontraram teores de fenólicos totais, de 3008, 1700 e 3449 mg ácido gálico/100g, respectivamente.

Alguns trabalhos mostraram que existe uma maior concentração de polifenóis na casca da goiaba do que na polpa e na goiaba branca do que na vermelha (BALASUNDRAM et al, 2005; BASHIR et al, 2003).

As variações que podem ocorrer na composição das frutas, entre os lotes, podem ser explicadas principalmente pelas condições ambientais, período de cultivo (influência da

estação do ano, do clima), localização do cultivo (influência do solo, incidência solar), grau de amadurecimento, entre outros (BASHIR et al, 2003; BORGUINI e TORRES, 2006; GORINSTEIN et al, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; SANZ et al, 2004).

Maturação da Goiaba

Os resultados obtidos indicaram que as amostras de goiaba cv. *Paluma* analisadas estavam em diferentes estádios de maturação. Os resultados mostraram que os lotes 1 e 2 estavam mais maduros que os demais, uma vez que os teores de carotenóides totais, de ácido ascórbico e a *ratio SST/ATT* estavam mais elevados nestes lotes (Tabela 2).

Tabela 2 – Conteúdo de acidez total titulável (ATT) e sólidos solúveis totais (SST) da goiaba cv. *Paluma*.

Lote	ATT* (% ácido cítrico)	SST* (°Brix)	Ratio SST/ATT*
1	0,44 ^a	10,9 ^a	24,8 ^a
2	0,50 ^b	10,8 ^a	21,6 ^b
3	0,62 ^c	10,7 ^a	17,3 ^c
4	0,67 ^d	8,6 ^b	12,8 ^d

* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Os conteúdos de carotenóides totais e de ácido ascórbico encontrados nas amostras de goiaba cv. *Paluma* dos lotes 1 e 2 foram significativamente maiores ($p < 0,05$) que nos demais lotes (Tabela 1). Segundo Cavalini e colaboradores (2006), os teores de ácido ascórbico e de carotenóides totais podem refletir o grau de amadurecimento das goiabas cv. *Kumagai* e *Paluma*. Os autores afirmam que quanto mais elevados os teores destes compostos, mais maduros os frutos se encontram.

O teor de sólidos solúveis totais (SST) foi estatisticamente igual ($p < 0,05$) para os lotes 1, 2 e 3 (Tabela 2). De acordo com Cavalini e colaboradores (2006), o teor de sólidos solúveis

totais se mantêm constante durante o amadurecimento das goiabas cv. *Kumagai* e *Paluma*. Azzolini e colaboradores (2004) verificaram que o conteúdo de sólidos solúveis totais aumenta durante o amadurecimento da goiaba cv. *Pedro Sato*. Em estudo semelhante, Bashir e colaboradores (2003) também verificaram que durante a maturação da goiaba vermelha, os teores de sólidos solúveis totais e de açúcar total aumentaram, possivelmente pela hidrólise do amido em açúcares.

Em relação ao teor de acidez total titulável (ATT), todos os lotes apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) (Tabela 2). Pode-se verificar que houve uma diminuição dos teores de ATT nos primeiros lotes. De acordo com Azzolini e colaboradores (2004), o teor de acidez total titulável diminui no decorrer da maturação da goiaba cv. *Pedro Sato*. Conclusão semelhante foi encontrada para as goiabas cv. *Kumagai* e *Paluma* (CAVALINI et al, 2006).

Na goiaba, a acidez total titulável aumenta até o pico climatérico da fruta (quando ocorre o ápice da produção de CO_2 após a colheita), havendo declínio após essa etapa (BASHIR et al, 2003).

Azzolini e colaboradores (2004), em estudo sobre os índices para avaliar diferentes estádios de maturação da goiaba cv. *Pedro Sato*, afirmam que a relação sólidos solúveis totais/acidez total titulável (*ratio SST/ATT*), é um indicador adequado para avaliar o estágio de maturação de frutas. Os autores relataram que quanto maior for essa relação, maior é o grau de maturação. Assim como o teor de acidez total titulável, a *ratio ATT/SST* apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos os lotes (Tabela 2), sendo a relação mais elevada nos primeiros lotes.

Capacidade Antioxidante (atividade antiradical DPPH•)

A capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C (ou VCEAC) é um parâmetro utilizado para estimar a atividade antioxidante dos alimentos, uma vez que a vitamina C é um

nutriente natural e abundantemente encontrado na maioria dos alimentos que desempenham importante atividade antioxidante (KIM et al., 2002). Esta capacidade antioxidante está descrita na Tabela 3 e a % de DPPH remanescente na Figura 1.

Os resultados encontrados para a atividade antitarical DPPH• ficaram compreendidos entre 183,34 e 231,19 mg VCEAC/100g. O lote 4 apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) na atividade antitarical DPPH• da goiaba cv. *Paluma* em relação aos demais lotes, que não apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores médios de VCEAC (*capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C*) da goiaba cv. *Paluma*.

Lote	VCEAC (mg/100g)
1	218,00 ± 5,09 ^a
2	231,19 ± 5,65 ^a
3	226,22 ± 3,15 ^a
4	183,34 ± 4,74 ^b

* Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

De acordo com Lim e colaboradores (2007), a goiaba apresenta excelente capacidade antioxidante, quando comparada com outras frutas (laranja, banana, fruta do conde, manga, mamão, carambola e maçã) apresentando valor de VCEAC (218 mg/100g em média) maior que todas as demais frutas analisadas no estudo (bem como os teores mais elevados de compostos fenólicos e ácido ascórbico).

A porcentagem média de atividade antitarical DPPH• encontrada neste estudo para goiaba cv. *Paluma* foi de 78% em extrato etanólico (Figura 1). Segundo Amin e Mukhrizah (2006), em comparação com outros extratos (casca de cacau, semente de groselha, manga e okara – resíduo do leite de soja), a goiaba vermelha apresentou a atividade antioxidante mais elevada: 68% (extrato metanólico).

A atividade antiradical DPPH• da goiaba cv. *Paluma* foi comparada aos padrões ácido ascórbico, ácido gálico, rutina, BHT (butilhidroxitolueno), licopeno e β -caroteno, na concentração de 50mM. Os padrões ácido ascórbico, ácido gálico, rutina e BHT apresentaram excelente atividade seqüestrante do radical DPPH, todas acima de 93%. Os antioxidantes isolados (licopeno e β -caroteno) apresentaram atividade antiradical DPPH• em torno de 85 e 56%, respectivamente, contudo, houve necessidade de utilizar uma alíquota 40 vezes menor que as demais para a realização do teste espectrofotométrico, devido à intensa coloração natural desses carotenóides (Figura 1).

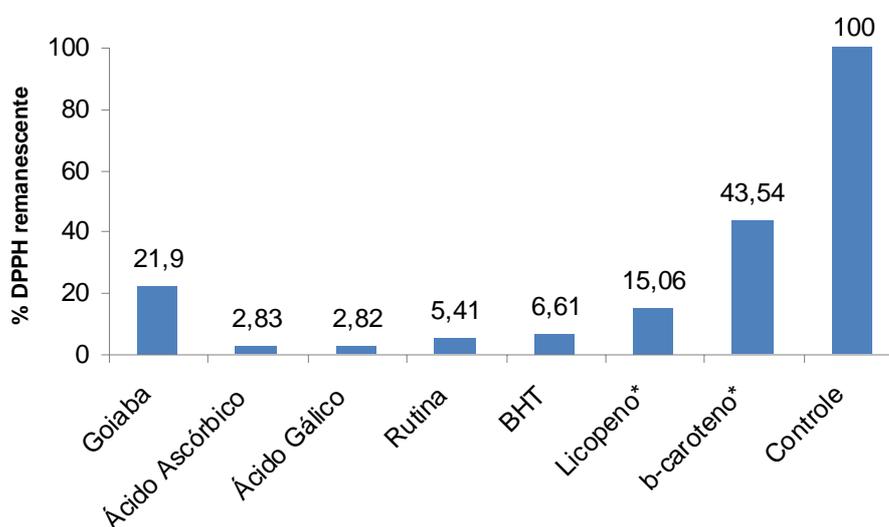


Figura 1 – Comparação entre a atividade antiradical DPPH• das amostras de goiaba cv. *Paluma*, dos padrões de ácido ascórbico, ácido gálico, rutina, BHT, licopeno e β -caroteno com o controle (sem substância antioxidante), expressas em % DPPH remanescente.

* Alíquota 40 vezes menor que as demais, devido à intensa coloração destes compostos.

Kim e colaboradores (2002) encontraram a mesma ordem decrescente de classificação quanto à capacidade antioxidante dos padrões citados: ácido gálico \geq ácido ascórbico > rutina > BHT. Brand-Williams e colaboradores (1995) classificaram a eficiência dos antiradicaís, de

acordo com a cinética da reação, e dentre os definidos como padrões neste estudo, o ácido ascórbico é classificado como rápido e, o ácido gálico e o BHT, classificados como lentos.

Para os carotenóides analisados (licopeno e β -caroteno), observou-se excelente atividade antitarical DPPH•, pois foram capazes de reagir com o radical, seqüestrar o DPPH, mesmo com a utilização de uma alíquota 40 vezes menor que as demais. Mesmo nestas condições, o licopeno apresentou atividade apenas 14% menor que a dos ácidos gálico e ascórbico. Comparando os carotenóides entre si, verifica-se que o β -caroteno apresenta cerca de 49% menos atividade antitarical DPPH• que o licopeno. Dentre os carotenóides o licopeno apresenta-se como o antioxidante mais eficiente, seguido pelo β -caroteno (BÖHM et al, 2002).

O conteúdo de fenólicos totais e a concentração de vitamina C apresentam forte correlação com a atividade antioxidante de suco de frutas, ambos responsáveis pela maior contribuição da capacidade antioxidante (GARDNER et al, 2000; GORINSTEIN et al, 1999; KUSKOSKI et al, 2005; ZHOU e YU, 2004). Alta concentração de vitamina C se relaciona proporcionalmente com a atividade antioxidante; o ácido ascórbico é responsável por 65 a 100% do total da capacidade antioxidante de sucos derivados de frutas cítricas (GARDNER et al, 2000).

As amostras de goiaba cv. *Paluma* analisadas mostraram boa correlação entre a atividade antitarical DPPH• e o conteúdo de ácido ascórbico. Os teores de fenólicos totais e de carotenóides totais apresentaram alguma correlação com a atividade antitarical DPPH• da fruta (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores de correlação entre a % da atividade antitarical DPPH• e os compostos antioxidantes (ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais) da goiaba cv. *Paluma*.

Ácido Ascórbico	0,6970****
Carotenóides Totais	0,5643***
Fenólicos Totais	0,5885***
Flavonóides Totais	0,4366**

* Fraca Correlação; ** Baixa Correlação; *** Alguma Correlação; **** Boa Correlação.

Conclusão

O estudo mostrou que a goiaba cv. *Paluma* contém teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais em quantidades que apontam a goiaba como uma fonte potencial de compostos antioxidantes naturais. A goiaba cv. *Paluma* apresentou uma atividade antitarical DPPH•, expressa em VCEAC, de 214,7 mg/100g, valor esse superior aos encontrados na literatura para algumas frutas. Houve boa correlação entre o conteúdo de ácido ascórbico e a atividade antitarical DPPH• da goiaba cv. *Paluma*.

Agradecimentos

A CAPES pela bolsa de Mestrado para a primeira autora.

Referências Bibliográficas

1. AGOSTINI-COSTA, T.S.; ABREU, L.N.; ROSSETI, A.G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Rev. Bras. Frutic.**, v.25, p.56-58, 2003.
2. AMIÉ, D.; DAVIDOVIÉ-AMIÉ, D.; BESLO, D.; TRINAJSTIÉ, N. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids. **Croatica Chemica Acta**, v.76, p.55-61, 2003.
3. AMIN, I.; MUKHRIZAH, O. Antioxidant capacity of methanolic and water extracts prepared from food-processing by-products. **J. Sci. Food Agric.**, v.86, p.778-784, 2006.

4. AOAC. **Official methods of analysis**. *Associations of official analytical chemists (AOAC)*, Inc., Arlington.1990.
5. AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; BRON, I.U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, p.139-145, 2004.
6. BALASUNDRAM, N.; SUNDRAM, K.; SAMMAN, S. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxidant activity, occurrence, and potential uses. **Food Chem.**, v.99, p.191-203, 2006.
7. BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH, A.-B.A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chem.**, v.80, p.557-563, 2003.
8. BIANCHI, M.L.P.; ANTUNES, L.M.G. Radicais livres e os principais antioxidantes da dieta. **Rev. Nutr.**, v.12, p.123-130, 1999.
9. BÖHM, V.; PUSPITASARI-NIENABER, N.L.; FERRZZI, M.G.; SCHWARTZ, J.J. Trolox equivalent antioxidant capacity of different geometrical isomers of α -carotene, β -carotene, lycopene and zeaxanthin. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.221-226, 2002.
10. BORGUINI, R.G.; TORRES, E.A.F.S. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo, SP.
11. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm.-Wiss. U-Technol.**, v.25, p.25-30, 1995.
12. BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, R.H. **Carotenoids: isolation analysis**. Basil: Birkhauser, v.1A, 1995, 187p.

13. BURRI, B.J. Lycopene and human health. In: MESKIN, W.R.; BIDLACK, M.S.; DAVIES, A.J.; OMAYE, S.T. **Phytonutrients in health and disease**. CRC Press; Boca Raton, Chapter 11, p.157-172, 2002.
14. CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; LOCHOSKI, M.A.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M. Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' guavas. **Rev. Bras. Frutic.**, v.28, p.176-179, 2006.
15. ESCOBAR, A.P.; SYLOS, C.M. **Efeito do processo de obtenção de polpa de goiaba e goiabada sobre os teores de licopeno e de beta-caroteno**. 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, DAN, UNESP, Araraquara, SP.
16. FRANKE, A.A.; CUSTER, L.J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **J. Food Comp. Analys.**, v.17, p.1-35, 2004.
17. GARDNER, P.T.; WHITE, T.A.C.; MCPHAIL, D.B.; DUTHIE, G.G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chem.**, v.68, p.471-474, 2000.
18. GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAVER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **J. Nutr. Biochem.**, v.10, p.367-371, 1999.
19. HALLIWELL, B. Review: vitamin C and genomic stability. **Mutation Res.**, v.475, p.29-15, 2001.
20. HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A.R.; BOBILYA, D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **J. Nutr. Biochem.**, v.13, p.572-584, 2002.

21. HRYNTSEVICH, I.B.; SHADYRO, O.I. Reactions of α -hydroxyethyl radicals with flavonoids of various structures. **Bioorg. Med. Chem. Lett.**, v.15, p.4252-4255, 2005.
22. IBGE. **Estudo nacional da despesa familiar**. Tabela de composição de alimentos. Rio de Janeiro-RJ: IBGE, 1999, 5.ed., 137 p. ISBN 85-240-0728-1.
23. KIM, D.O.; LEE, K.W.; LEE, H.J.; LEE, C.H. Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. **J. Agric. Food. Chem.**, v.50, p.3713-3717, 2002.
24. KIMURA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. **Food Chem.**, v.78, p.389-398, 2002.
25. KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRANCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.25, p.726-732, 2005.
26. LEE, M.T.; CHEN, B.H. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. **Food Chem.**, v.78, p.425-432, 2002.
27. LIM, Y.Y.; LIM, T.T.; TEE, J.J. Antioxidant properties of several tropical fruits: a comparative study. **Food Chem.**, v.103, p.1003-1008, 2007.
28. LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; MACIEL, M.I.S.; PRAZERES, F.G.; MUSSER, R.S.; LIMA, D.E.S. Total phenolic and carotenoid contents in acerola genotypes harvested at three ripening stages. **Food Chem.**, v.90, p.565-568, 2005.
29. LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; LIMA, D.E.S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agric.**, v.59, p.447-450, 2002.
30. MERCADANTE, A.Z.; STECK, A.; PFANDER, H. Carotenoids from guava (*Psidium guajava* L.): isolation and structure elucidation. **J. Agric. Food Chem.**, v.47, p.145-151, 1999.

31. MIEAN, K.H.; MOHAMED, S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin and apigenin) content of edible tropical plants. **J. Agric. Food Chem.**, v.49, p.3106-3112, 2001.
32. MILANESIO, M.; BIANCHI, R.; UGLIENGO, P.; ROETTI, C.; VITERBO, D. Vitamin C at 120 K: experimental and theoretical study of the charge density. **J. Mol. Struct. (Theochem)** v.419, p.139-154, 1997.
33. MONTORO, P.; BRACA, A.; PIZZA, C.; TOMMASI, N. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species. **Food Chem.**, v.92, p.349-355, 2005.
34. MOSER, U.; BENDICH, A. Vitamin. In: MACHILIN, L.J. **Handbook of vitamins**. 2nd. Ed. New York: Marcel Dekker, 1991. p.195-232.
35. OLIVER, J.; PALOU, A. Chromatographic determination of carotenoids in foods. **J. Chromatogr. A.**, v.881, p.543-555, 2000.
36. PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of brasilian guavas (*Psidium guajava L.*). **Food Chem.**, v.20, p.11-19, 1986.
37. PAJERO, I.; BASTIDA, J.; VILADOMAT, F.; CODINA, C. Acylated quercetagenin glycosides with antioxidant activity from *Tagetes maxima*. **Phytochem.**, v.66, p.2356-2362, 2005.
38. PROESTOS, C.; BOZIARIS, J.S.; NYCHAS, G.J.E.; KOMAITIS, M. Analysis of flavonoids and phenolic acids in Greek aromatic plants: investigation of their antioxidant capacity and antimicrobial activity. **Food Chem.**, v.95, p.664-671, 2006.
39. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods**. Arlington: John Snow Inc./OMNI Project, 1997. 88p.

40. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in food.** Washington, DC: OMNI Research, 1999. 64p. ISBN 1-57881-072-8.
41. SANZ, M.L.; VILLAMIEL, M.; MARTÍNEZ-CASTRO, I. Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices. **Food Chem.**, v.87, p.325-328, 2004.
42. SCALBERT, A.; MONTIES, B.; JANIN, G. Tannins in wood: Comparison of different estimation methods. **J. Agric. Food. Chem.**, v.37, p.1324-1329, 1989.
43. SEERAM, N.P.; LEE, R.; SCHEULLER, H.S.; HEBER, D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy. **Food Chem.**, v.97, p.1-11, 2006.
44. SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Rev. Nutr.**, v.17, p.227-236, 2004.
45. SHAMSUDIN, R.; MOHAMED, I.O.; YAMAN, N.K.M.. Thermophysical properties of Thai seedless guava juice as affected by temperature and concentration. **J. Food Eng.**, v.66, p.395-399, 2005.
46. SILVA, F.O. Total ascorbic acid determination in fresh squeezed orange juice by gas chromatography. **Food Control**, v.16, p.55-58, 2005.
47. SUNTORNSUK, L.; GRITSANAPUN, W.; NILKAMHANK, S.; PAOCHOM, A. Quantitation of vitamin C content in herbal juice using direct titration. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, v.28, p.849-855, 2002.
48. TEIXEIRA, J.P.; SYLOS, C.M. **Efeito da estocagem da goiabada a diferentes temperaturas sobre os teores de carotenóides e de ácido ascórbico.** 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, Araraquara, SP.

49. THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **J. Food Comp. Anal.**, v.19, p.669-675, 2006.
50. TOOR, R.K.; SAVAGE, G.P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. **Food. Chem.**, v.94, p.90-97, 2006.
51. TOYODA, M.; TANAKA, K.; HOSHINO, K.; AKIYAMA, H.; TANIMURA, A.; SAITO, Y. Profiles of potentially antiallergic flavonoids in 27 kinds of health tea and green tea infusions. **J. Agric. Food Chem.**, v.45, p.2561-2564, 1997.
52. UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; DING, L.; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **J. Food Engin.**, v.51, p.21-26, 2002.
53. VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; CIVELLO, P.M. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. **Posth. Biol. Technol.**, v.40, p.116-122, 2006.
54. VALENZUELA, B.A. El consume te y la salud: características y propiedades benéficas de esta bebida milenaria. **Rev. Chil. Nutr.**, v.31, p.72-82, 2004.
55. WANG, Y.; CAO, J.; WENG, J.H.; ZENG, S.U. Simultaneous determination of quercetin, kaempferol and isorhamnetin accumulated human breast cancer cells, by high-performance liquid chromatography. **J. Pharm. Biomed. Anal.**, v.39, p.328-333, 2005.
56. WAWRZYŃIAK, A. The role of lycopene in the human organism: an update – a review. **Pol. J. Food Nutr. Sci.**, v.11/52, p.3-12, 2002.
57. WILBERG, V.C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. **Lebensm.-Wiss. U.-Technol.**, v.28, p.474-478, 1995.
58. WU, L.C.; HSU, H.W.; CHEN, Y.C.; CHIU, C.C.; LIN, Y.I.; HO, J.A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. **Food Chem.**, v.95, p.319-327, 2006.

59. YAMAGUCHI, T.; TAKAMURA, H.; MATOBA, T.; TERAQ, J. HPLC method for evaluation of the free radical-scavenging activity of foods by using 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. **Biosci. Biotechnol. Biochem.**, v.62, p.1201-1204, 1998.
60. YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava L.*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.20, p.27-31, 2000.
61. YU, D.; DAHEGREN, R.A. Evaluation of methods for measuring polyphenol in conifer foliage. **J. Chem. Ecology**, v.26, p.2119-2140, 2000.
62. YU, L.; HALEY, S.; PERRET, J.; HARRIS, M.; WILSON, J.; QIAN, M. Free radical scavenging properties of wheat extracts. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.1619-1624, 2002.
63. YUONG, A.J.; LOWE, G.M. Antioxidant and prooxidant properties of carotenoids. **Arch. Biochem. Bioph.**, v.385, p.20-27, 2001.
64. ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chem.**, v.64, p.555-559, 1999.
65. ZHOU, K.; YU, L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. **Lebensm.-Wiss. U.-Tecnol.**, v.39, p.1155-1162, 2006.

CAPÍTULO 3:

*“Efeito do processamento industrial para
obtenção de goiabada sobre os compostos
antioxidantes”*

**EFEITO DO PROCESSAMENTO INDUSTRIAL PARA OBTENÇÃO DE
GOIABADA SOBRE OS COMPOSTOS ANTIOXIDANTES***

Ana Paula Wolf TASCA**

Célia Maria de SYLOS**

RESUMO: Alguns constituintes presentes nos alimentos podem sofrer mudanças durante o processamento térmico. Na indústria de processamento de frutas, a polpa de goiaba é utilizada durante a entressafra da goiaba para a obtenção de goiabada, que por sua vez é produzida com adição de açúcar e ácido cítrico, submetida a diversos processos térmicos. Este trabalho avaliou o efeito do processamento industrial para obtenção de goiabada sobre os teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais presentes na goiaba cv. *Paluma*. Os resultados mostraram que houve aumento dos compostos antioxidantes na polpa de goiaba, possivelmente por ter havido concentração destes devido à perda de água no

processo. Na goiabada houve redução dos compostos antioxidantes. A capacidade antioxidante da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada também foi avaliada e os resultados mostraram que a goiaba cv. *Paluma* e seus subprodutos têm importante capacidade antioxidante.

PALAVRAS-CHAVE: Goiaba; Goiabada; Ácido Ascórbico; Carotenóides; Compostos Fenólicos; Capacidade Antioxidante.

* Parte de dissertação de Mestrado do primeiro autor, Análise de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP, 14801-902, Araraquara, SP, Brasil.

** Laboratório de Análise de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP, 14801-902, Araraquara, SP, Brasil.

ABSTRACT: Some constituents present in the food may change during heat processing. In industry of fruit processing, pulp of guava is used between the harvest of guava to obtain guava jam, which in turn is produced with the addition of sugar and citric acid, subject to various heat processes. This study evaluated the effect of the industrial processing to obtaining guava jam on the content of ascorbic acid, total carotenoids, total phenolic and total flavonoids in the guava cv. *Paluma*. The results showed that there was an increase of the antioxidant compounds in the pulp of guava, possibly by the merger have been due to the loss of water in the process. In guava jam there was reduction of antioxidant compounds. The antioxidant capacity of guava cv. *Paluma*, pulp of guava, and guava jam was also evaluated and the results showed that the guava cv. *Paluma* and byproducts are important antioxidant capacity.

KEYWORDS: Guava; Guava Jam; Ascorbic Acid; Carotenoids; Phenolic Compounds; Antioxidant Capacity.

Introdução

O Brasil é o segundo produtor mundial de goiabas, com uma produção em torno de 300 mil toneladas anuais, sendo a região Sudeste responsável por 55% deste total, com destaque para a região de Ribeirão Preto, Taquaritinga (variedade *Paluma*, mais utilizada no processamento industrial), e região de Valinhos, onde a produção é mais voltada para a comercialização da fruta *in natura*. A goiaba, dentre as frutas tropicais brasileiras, é destacada como uma fruta de grande importância nutricional e comercial para países tropicais e subtropicais (EL-BULUK et al, 1995; IEA – SP, 2007; KUSKOSKI et al, 2005).

Embora seja uma excelente fonte de vitaminas, principalmente a vitamina C, minerais, fibras, carotenóides (licopeno), compostos fenólicos e flavonóides (quercetina) (FRANKE et

al, 2004; GARDNER et al, 2000; MIEAN e MOHAMED, 2001; THAIPONG et al, 2006; TOYODA et al, 1997; YAMASHITA e BENASSI, 2000), o consumo da goiaba *in natura* ainda é baixo no país. Por outro lado, a goiabada é um doce tradicional e muito apreciado pelos brasileiros, fazendo parte da composição de algumas categorias de cesta básica de determinadas regiões do país.

Fruta climatérica, a colheita da goiaba concentra-se no período de janeiro a março, apresentando declínio no decorrer do ano (IEA – SP, 2007). A polpa de goiaba é um subproduto utilizado pela indústria na produção de goiabada, durante a entressafra da fruta. A goiabada é obtida pela adição de açúcar, ácido cítrico e pectina à polpa de goiaba, e várias etapas de concentração até obtenção do produto final. As várias etapas envolvidas no processamento da polpa de goiaba e da goiabada podem promover mudanças nos constituintes antioxidantes.

A identificação da composição das substâncias antioxidantes nos alimentos, bem como a verificação de possíveis alterações ou degradações que podem ocorrer durante o processamento e estocagem dos produtos, decorrentes da interferência de fatores como temperatura, luz, pH, umidade relativa, composição gasosa e sistema enzimático, tornam-se importantes (AGOSTINI-COSTA et al, 2003; BASHIR et al, 2003; BRITTON et al, 1995; COSTA et al, 2002; GABAS et al, 2003; GORINSTEIN et al, 1999; MÍNGUEZ-MOSQUEIRA e HONERO, 2002; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; SANZ et al, 2004).

Neste sentido, este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito do processo para obtenção de goiabada sobre os teores de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais presentes na goiaba cv. *Paluma*, assim como na capacidade antioxidante da fruta e dos seus derivados.

Material e métodos

Material

As amostras de goiaba vermelha cv. *Paluma*, polpa de goiaba e de goiabada foram fornecidas por *Alimentos Predilecta LTDA*, do município de Matão (SP). Foram coletadas amostras de diferentes datas de produção (outubro e novembro de 2006 e março e abril de 2007) e as análises realizadas em triplicata. O processo de obtenção da polpa de goiaba consiste primeiramente na seleção e trituração da fruta e inativação enzimática (90°C por 6 minutos); para a obtenção da goiabada, diferentes etapas consistem o processo, a partir da polpa de goiaba e adição de outros ingredientes (açúcar, pectina e ácido cítrico), com aplicações de diferentes temperaturas: 70°C por 35 minutos no misturador; 70-75°C por 35 minutos para concentração; caramelização do produto à 100°C por 15 minutos; e 80°C por 15 minutos em duas etapas subsequentes de concentração até atingir um teor de sólidos solúveis totais em torno de 70-75 °Brix.

Preparo das amostras

As goiabas cv. *Paluma* foram liquidificadas, com casca e sementes, homogeneizadas, acondicionadas em frascos âmbar esterilizados e congeladas à -18°C. As amostras de polpa de goiaba foram transferidas dos “bags” industriais para frascos esterilizados, âmbar e congeladas em freezer à -18°C. A goiabada foi cortada em cubos, embaladas em papel filme e papel alumínio e posteriormente congeladas (-18°C).

Métodos

Ácido Ascórbico. O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado titulometricamente com 2,6 diclorofenolindofenol, de acordo com metodologia descrita pela A.O.A.C. (1990).

Carotenóides Totais. A extração foi realizada segundo Teixeira e Sylos (2006). Os carotenóides foram extraídos de cinco gramas de amostra com metanol:éter etílico (1:1), sob agitação em vortex por 2 minutos e centrifugadas pelo mesmo tempo a 6500 rpm; o processo foi repetido até o resíduo tornar-se incolor. Os extratos foram coletados em funil de separação com éter de petróleo e éter etílico e, o metanol removido através de sucessivas lavagens com água destilada. O conteúdo de carotenóides totais foi determinado espectrofotometricamente, com leitura da absorbância do extrato etéreo a 470 nm (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999) em espectrofotômetro Beckman DU640. Utilizou-se o coeficiente de extinção do licopeno ($E_{1\text{cm}}^{1\%} = 3450$ em éter de petróleo) para realização dos cálculos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Fenólicos Totais. O conteúdo de fenólicos totais foi determinado através do método colorimétrico Folin-Ciocalteu (SCALBERT et al, 1989; TOOR e SAVAGE, 2006). A extração foi realizada com 10 ml de acetona 70% (YU e DAHEGREN, 2000), as massas utilizadas na extração da goiaba e da polpa de goiaba foram 0,15 grama e da goiabada foi 0,25 grama. As amostras foram misturadas ao solvente extrator por 1 minuto em vortex, mantidas no escuro por 1 hora em temperatura ambiente e em seguida centrifugadas a 6500 rpm por 2 minutos. Em temperatura controlada (50° C em banho-maria), à 0,5 ml dos extratos das amostras foram adicionados 2,5 ml do reagente Folin-Ciocalteu 0,2N (1:10), após 5 minutos foram adicionados 2 ml de carbonato de sódio (75g/l) e após 5 minutos, as amostras foram resfriadas e a leitura da absorbância foi realizada a 760 nm em espectrofotômetro Beckman DU640. A curva analítica foi construída com padrão de ácido gálico monohidratado (100µg/ml água), nas concentrações de 5, 10, 20, 30 e 40µg/ml. Os resultados foram expressos em equivalente de ácido gálico.

Flavonóides Totais. A extração foi realizada da mesma maneira que para os fenólicos totais, com acetona 70% (YU e DAHEGREN, 2000), a massa utilizada na extração da goiaba foi 2,5

gramas, da polpa de goiaba foi 2,0 gramas e da goiabada foi 3,0 gramas. A determinação do conteúdo de flavonóides totais baseou-se em metodologia descrita por Zhishen, Mengcheng e Jianming (1999). À 5 ml dos extratos das amostras foram adicionados 0,3 ml de nitrito de sódio 5% (p/v) (t=0). Após 5 minutos, 0,6 ml de cloreto de alumínio 10% (p/v) foram adicionados. A reação foi interrompida (t=11 minutos) com adição de 2 ml de hidróxido de sódio 1N e 2,1 ml de água. As amostras foram filtradas em papel de filtro Whatman n° 01 e a leitura da absorbância realizada a 510 nm em espectrofotômetro Beckman DU640. Para a construção da curva analítica utilizou-se padrão de rutina (1000µg/ml), nas concentrações de 100, 200, 300, 400 e 500µg/ml. Os resultados foram expressos em equivalente de rutina.

Capacidade Antioxidante (*atividade antiradical DPPH•*). A atividade antiradical DPPH• foi medida a partir da redução do radical DPPH (*1,1-difenil-2-picrilhidrazila*) (BRAND-WILLIAMS et al, 1995). Para extração, 6 ml de etanol foram misturados às amostras por 2 minutos em vortex e centrifugados a 6500 rpm por 5 minutos (VICENTE et al, 2006). Para a reação, 1575µl da solução de DPPH (100µM em metanol) foram adicionadas à 1000µl dos extratos das amostras, mantidos no escuro, em temperatura ambiente, por 30 minutos. A leitura da absorbância foi feita a 515 nm em espectrofotômetro Beckman DU640, logo após a mistura (t=0) e após a reação (t=30 minutos). Os resultados foram expressos em % DPPH remanescente, calculado de acordo com a equação:

$$\%DPPH_{rem} = 100 \times [DPPH]_{rem} / [DPPH]_{t=0}$$

Outro parâmetro utilizado para a mensuração da capacidade antioxidante foi o VCEAC (*capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C*) (KIM et al, 2002).

Análise Estatística. O experimento foi delineado mediante análise de variância de 5% de probabilidade; utilizou-se ANOVA e comparação das médias através do teste de Tukey (p <0,05). A correlação entre os compostos antioxidantes e a capacidade antioxidante foi estabelecida através do coeficiente de correlação de Pearson.

Resultados e discussões

Embora a goiabada seja um doce muito consumido no Brasil, há poucos estudos sobre a composição dos seus compostos antioxidantes, sua capacidade antioxidante e o efeito do processo industrial de obtenção da goiabada sobre estes compostos.

A goiaba cv. *Paluma* apresentou 86,5% de umidade e sólidos solúveis totais (SST) de 10,22° Brix; a polpa de goiaba 77,0% de umidade e 18,1° Brix de SST; a umidade da goiabada foi de 19,9% e o teor de SST foi de 77,0° Brix.

Efeito do Processamento

Ácido Ascórbico

No presente trabalho, o comportamento do ácido ascórbico foi semelhante para todos os lotes, indicando um aumento dos teores na polpa de goiaba e diminuição na goiabada. Em média, os teores de ácido ascórbico aumentaram em 15,5% na polpa de goiaba e diminuíram em 42% na goiabada, em relação à goiaba (Figura 1). Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a goiaba e a polpa do lote 3; para os demais lotes houve diferença significativa ($p < 0,05$), como apresentado na Tabela 1.

No processo de obtenção da polpa de goiaba, há perda de água, havendo concentração dos compostos. Subseqüente, o processo de obtenção de goiabada utiliza temperaturas mais severas, havendo perda/degradação do ácido ascórbico.

Há poucos trabalhos reportados na literatura sobre efeito de processamento térmico em goiaba. Jawaheer e colaboradores (2003) verificaram que o processamento de goiabas

resultou em retenção de 37,5% de ácido ascórbico na geléia e 79,6% no suco, uma vez que a fabricação da geléia envolve um tratamento térmico mais severo que o do suco (T°C).

De Martin e colaboradores (1975) compararam a perda de ácido ascórbico em polpa de goiaba congelada e em polpas pasteurizadas, estocadas por 180 dias, em temperatura ambiente e verificaram que no produto congelado a redução do ácido ascórbico foi de 12% enquanto que nos produtos pasteurizados a perda foi maior de 70 e 75%.

Segundo Uddin e colaboradores (2002), a degradação do ácido ascórbico em goiaba seca aumentou de acordo com o aumento de temperatura e da atividade de água, durante a estocagem por até 24 dias, em diferentes temperaturas (30, 40 e 50° C) com atividade de água também variada (0,43, 0,75, 0,84 e 0,97). Matituz e colaboradores (2003) também observaram diminuição do teor de ácido ascórbico em pedaços de goiaba minimamente processados e estocados a 3° C por um período de 10 dias.

Nogueira e colaboradores (1978) demonstraram que houve redução de ácido ascórbico em goiaba liofilizada conservada por 18 meses à temperatura de 35° C, em frascos âmbar. Os autores verificaram que o conteúdo de ácido ascórbico diminuiu nos 6 primeiros meses, permanecendo praticamente constante até o final do período. Os teores de ácido ascórbico reduziram 22 mg/100g no primeiro terço do período de armazenamento, 4 mg/100g no segundo terço do período (7° ao 12° mês), e 1,5 mg/100g no restante do período (até o 18° mês).

Carotenóides Totais

Os valores observados na Tabela 1 para os teores de carotenóides totais apresentaram comportamento semelhante, apresentando diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os produtos, exceto entre a goiaba e a goiabada dos lotes 3 e 4. Em relação à goiaba, houve

aumento do teor de carotenóides totais na polpa de goiaba em aproximadamente 59% e, diminuição média de 13% dos mesmos na goiabada (Figura 1).

Escobar e Sylos (2006) avaliaram o efeito do processamento sobre os teores de licopeno e β -caroteno presentes na goiaba cv. *Paluma*. Os autores verificaram que houve concentração dos teores de carotenóides totais na polpa de goiaba em 114,4% (de 6,9mg/100g na goiaba para 14,79mg/100g na polpa de goiaba); o licopeno concentrou 107,7% (de 5,9mg/100g para 12,21mg/100g) e o β -caroteno 69,1% (de 0,84mg/100g para 1,42mg/100g). Em relação à goiabada, houve perda de 16,4% (7,39mg/100g na goiaba para 6,18mg/100g na goiabada); o licopeno reduziu 20,1% (de 6,56mg/100g para 5,24mg/100g) e o β -caroteno 23,81% (de 0,63mg/100g para 0,48mg/100g).

A inativação enzimática (90° C por 6 minutos) nos processos de obtenção de polpa de goiaba e de goiabada provocou diminuição nos teores de licopeno e de β -caroteno, e aumento nas concentrações dos isômeros *cis* do licopeno e *cis* do β -caroteno, em base seca. O processo de caramelização da goiabada (100° C por 15 minutos) também provocou aumento no conteúdo dos isômeros *cis* (ESCOBAR e SYLOS, 2006). Se o tratamento térmico aplicado for severo, pode haver destruição da estrutura celular que protege os carotenóides, aumentando a área de superfície, o que poderia facilitar a degradação oxidativa dos carotenóides (inicialmente isomerização e formação de epóxidos e apocarotenóides) (BRITON et al., 1995; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Entre a goiaba e a goiabada, dos lotes 3 e 4, verificou-se que houve diferença não significativa ($p < 0,05$) em relação ao teor de carotenóides totais. O processamento a altas temperaturas durante curto período de tempo pode inicialmente reduzir o teor de carotenóides totais, contudo previne perdas durante o processamento (em etapas mais prolongadas) e na estocagem (RODRIGUEZ-AMAYA, 1997; 1999).

De acordo com Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995), as perdas de licopeno e de β -caroteno em goiaba em calda foram 42,5 e 64,8% respectivamente e, em doce de goiaba, as perdas foram de 49,0 e 15,2%, respectivamente.

Fenólicos Totais e Flavonóides Totais

Nas frutas *in natura* os compostos fenólicos ficam dispostos na estrutura do vegetal, acumulados nos vacúolos como metabólitos intermediários, ficando separados das enzimas oxidativas. Após o colapso das estruturas celulares da fruta *in natura*, uma temperatura em torno de 80° C é capaz de aumentar a extratibilidade e incrementar o número de grupos fenólicos livres no sistema, devido a hidrólise de flavonóides glicosilados, e também inativação das enzimas oxidativas, evitando a perda dos compostos fenólicos que são liberados das paredes celulares (CHANG et al., 2005; CHOI et al, 2006; TOOR e SAVAGE, 2006; ZAFRILLA et al, 2001).

Especificamente em goiaba, não existem na literatura relatos sobre o efeito do processamento sobre os fenólicos e os flavonóides totais.

Neste trabalho, os teores de fenólicos e flavonóides totais tiveram comportamento semelhante entre os lotes, houve aumento dos teores na polpa de goiaba e, na goiabada, diminuição dos mesmos. Em relação aos fenólicos totais, houve aumento de 8% na polpa de goiaba e diminuição de 31% na goiabada; já para os teores de flavonóides totais o percentual de incremento na polpa de goiaba foi de 54,5% e, de decréscimo na goiabada foi de 6,5% e estão apresentados na Figura 1. Em relação aos fenólicos totais, para os lotes 3 e 4, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a goiaba e a polpa (Tabela 1).

Já para os flavonóides totais, nos lotes 3 e 4, houve diferença não significativa ($p < 0,05$) entre goiaba e goiabada; o mesmo ocorreu entre goiaba e polpa do lote 2, como observa-se na Tabela 1.

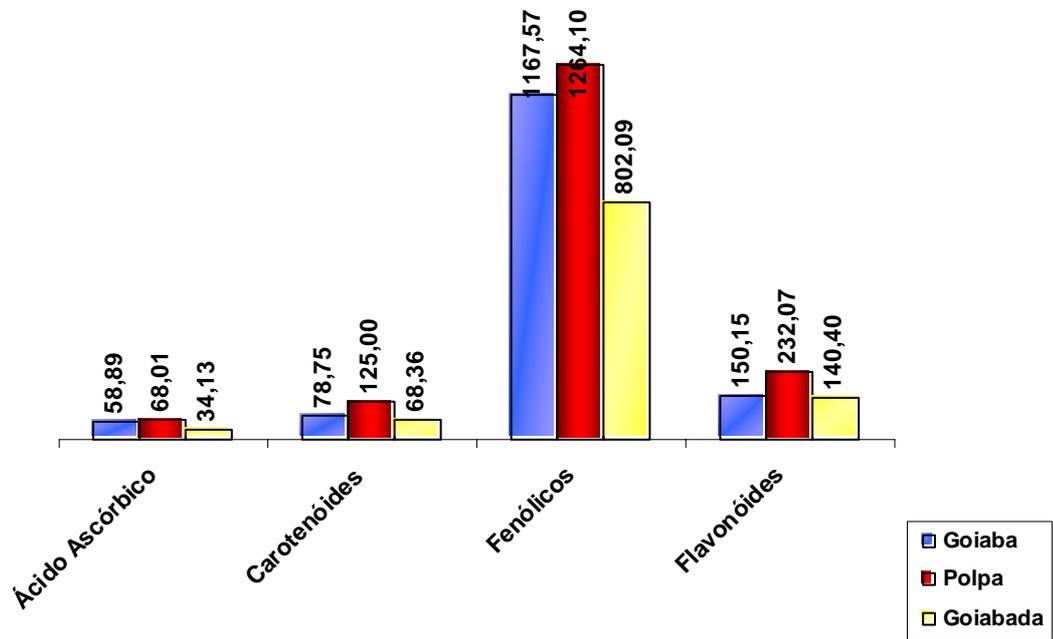


Figura 1 – Teores médios de ácido ascórbico ($mg/100g$), carotenóides totais (μg licopeno/g), fenólicos totais (mg ácido gálico/ $100g$) e flavonóides totais (mg rutina/ $100g$) da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada.

Tabela 1 – Teores médios de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada, em diferentes épocas do ano.

Ácido Ascórbico (mg/100g)				Carotenóides Totais (mg licopeno/100g)			
<i>(1º quadrante)</i>				<i>(2º quadrante)</i>			
	Goiaba	Polpa	Goiabada	Goiaba	Polpa	Goiabada	
Lote 1	63,38 ± 0,01 ^{abA}	76,09 ± 0,22 ^{ab}	31,48 ± 0,46 ^{ac}	8,66 ± 0,70 ^{aA}	11,53 ± 1,68 ^{ab}	7,23 ± 1,38 ^{ac}	
Lote 2	63,28 ± 0,99 ^{abA}	80,48 ± 0,47 ^{bb}	37,00 ± 0,42 ^{bc}	8,57 ± 1,52 ^{aA}	11,68 ± 0,34 ^{ab}	5,81 ± 0,24 ^{bc}	
Lote 3	52,36 ± 0,47 ^{ba}	54,01 ± 0,89 ^{ca}	29,91 ± 0,67 ^{ab}	6,64 ± 0,04 ^{bA}	12,92 ± 1,10 ^{bB}	6,40 ± 0,40 ^{aA}	
Lote 4	56,09 ± 0,01 ^{ca}	59,37 ± 0,75 ^{db}	38,12 ± 0,78 ^{bc}	7,64 ± 1,12 ^{ca}	13,86 ± 1,17 ^{cb}	7,91 ± 1,68 ^{da}	
Fenólicos Totais (mg ácido gálico/100g)				Flavonóides Totais (mg rutina/100g)			
<i>(3º quadrante)</i>				<i>(4º quadrante)</i>			
	Goiaba	Polpa	Goiabada	Goiaba	Polpa	Goiabada	
Lote 1	1069,54 ± 8,16 ^{abA}	1233,16 ± 6,12 ^{ab}	682,29 ± 8,32 ^{aC}	142,17 ± 1,30 ^{aA}	235,38 ± 5,62 ^{ab}	125,43 ± 4,19 ^{ac}	
Lote 2	1462,86 ± 3,92 ^{ca}	1733,91 ± 9,52 ^{bb}	1008,09 ± 8,70 ^{bC}	187,41 ± 0,59 ^{ba}	185,46 ± 3,78 ^{ba}	171,32 ± 2,41 ^{bb}	
Lote 3	1090,34 ± 9,96 ^{abA}	1056,53 ± 16,96 ^{ca}	756,42 ± 12,47 ^{cb}	125,22 ± 0,34 ^{ca}	246,84 ± 0,05 ^{ab}	122,38 ± 5,90 ^{aA}	
Lote 4	1047,55 ± 3,30 ^{ba}	1032,80 ± 14,05 ^{ca}	761,57 ± 9,37 ^{cb}	145,79 ± 2,69 ^{aA}	260,58 ± 0,40 ^{cb}	142,45 ± 4,29 ^{ca}	

* No mesmo quadrante, médias seguidas de letras iguais minúsculas, nas colunas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

** No mesmo quadrante, médias seguidas de letras iguais maiúsculas, nas linhas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Capacidade Antioxidante (atividade antidarical DPPH•)

Em média, houve aumento da atividade antidarical DPPH• na polpa de goiaba em 15% quando comparada à goiaba. Na goiabada, houve diminuição de 25% da atividade antidarical DPPH• em relação à goiaba. Entre a goiaba e a goiabada, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para os lotes 1 e 4; bem como entre a goiaba e a polpa no lote 2, como se observa na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores médios de VCEAC (capacidade antioxidante em equivalente de vitamina C) da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada.

	VCEAC (mg/100g)		
	Goiaba	Polpa	Goiabada
Lote 1	218,00 ± 5,09 ^{aA}	294,36 ± 7,73 ^{aB}	199,26 ± 6,22 ^{aA}
Lote 2	231,19 ± 5,65 ^{aA}	236,57 ± 5,18 ^{bA}	136,05 ± 7,21 ^{bB}
Lote 3	226,22 ± 3,15 ^{aA}	193,21 ± 0,10 ^{cB}	114,07 ± 6,24 ^{bC}
Lote 4	183,34 ± 4,74 ^{bA}	263,16 ± 5,88 ^{dB}	195,68 ± 7,71 ^{aA}

* Médias seguidas de letras iguais minúsculas, nas colunas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

** Médias seguidas de letras iguais maiúsculas, nas linhas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Foi estabelecida a correlação entre a atividade antidarical DPPH• da goiaba e seus produtos com cada composto antioxidante individualmente. A atividade antidarical DPPH• da goiaba cv. *Paluma* apresentou boa correlação com o teor de ácido ascórbico e, alguma correlação com os teores de carotenóides totais e de fenólicos totais. Para a goiabada verificou-se um comportamento inverso, ou seja, fraca correlação entre o conteúdo de ácido ascórbico e a atividade antidarical DPPH•, uma vez que o ácido ascórbico é termolábil e facilmente degradado e/ou destruído por temperaturas elevadas, as quais foram empregadas no processo de obtenção da goiabada e, boa correlação entre os teores de carotenóides totais e de fenólicos totais com a atividade antidarical DPPH• da goiabada (Tabela 3).

Tabela 3 – Valores de correlação entre % da atividade antitarical DPPH• e compostos antioxidantes (ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais) da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada.

	Goiaba	Polpa	Goiabada
Ácido Ascórbico	0,6970****	0,3075**	0,0256*
Carotenóides Totais	0,5643***	0,2229*	0,9412****
Fenólicos Totais	0,5885***	0,1129*	0,8258****
Flavonóides Totais	0,4366**	0,0294*	0,5643***

* Fraca Correlação; ** Baixa Correlação; *** Alguma Correlação; **** Boa Correlação.

Conclusão

Houve aumento dos teores médios de ácido ascórbico, carotenóides totais, fenólicos totais e flavonóides totais na polpa de goiaba em 16, 59, 8 e 55% respectivamente, bem como da atividade antitarical DPPH• em 15%, em relação à fruta. Redução dos mesmos compostos ocorreu na goiabada em 42, 13, 31 e 6,5% respectivamente e a atividade antitarical DPPH• diminuiu em 25%. Boa correlação foi verificada entre a atividade antitarical DPPH• da goiaba cv. *Paluma* e o conteúdo de ácido ascórbico e, com a atividade antitarical DPPH• da goiabada, os teores de carotenóides totais e de fenólicos totais.

Agradecimentos

A CAPES pela bolsa de Mestrado para a primeira autora.

Referências Bibliográficas

1. AGOSTINI-COSTA, T.S.; ABREU, L.N.; ROSSETI, A.G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Rev. Bras. Frutic.**, v.25, p.56-58, 2003.

2. AOAC. **Official methods of analysis**. *Associations of official analytical chemists (AOAC)*, Inc., Arlington.1990.
3. BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH, A.-B.A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chem.**, v.80, p.557-563, 2003.
4. BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensm.-Wiss. U-Technol.**, v.25, p.25-30, 1995.
5. BRITTON, G.; LIAAEN-JENSEN, S.; PFANDER, R.H. **Carotenoids: isolation analysis**. Basil: Birkhauser, v.1A, 1995, 187p.
6. CHANG, C.-H.; LIN, H.-Y.; CHANG, C.-Y.; LIU, Y.-C. Comparisons on the antioxidant properties of fresh, freeze-dried and hot-air-dried tomatoes. **J. Food Eng.**, v.77, p.478-485, 2006.
7. CHEN, B.H.; CHEN, T.M.; CHIEN, J.T. Kinetic model for studying isomerization of α and β -carotene during heating and illumination. **J. Agric. Food Chem.**, v.42, p.2391-2397, 1994.
8. CHOI, Y.; LEE, S.M.; CHUN, J.; LEE, H.B.; LEE, J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. **Food Chem.**, v.99, p.381-387, 2006.
9. COSTA, M.A.L.; ORTEGA-FLORES, C.I.; PENTEADO, M.V.C. Alterações estruturais *in vivo* dos isômeros *todo-trans*, *9-cis* e *13-cis* do β -caroteno. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.22, p.224-228, 2002.
10. DE MARTIN, Z.; CIA, G.; TEIXEIRA, C.G.; ANGELUCCI, E.; LEITAO, M.F.F.; BLEINROTH, E.W.; TOSELO, Y. Industrialização da polpa de goiaba da variedade vermelha. **Coletân. Instit. Tecnol. Alim.**, v.6, p.11-36, 1975.

11. EL-BULUK, R.E.; BABIKER, E.E.; EL TINAY, A.H. Biochemical and physical changes in fruits of four guava cultivars during growth and development. **Food Chem.**, v.54, p.279-282, 1995.
12. ESCOBAR, A.P.; SYLOS, C.M. **Efeito do processo de obtenção de polpa de goiaba e goiabada sobre os teores de licopeno e de beta-caroteno.** 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, DAN, UNESP, Araraquara, SP.
13. FRANKE, A.A.; CUSTER, L.J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **J. Food Comp. Analys.** v.17, p.1-35, 2004.
14. GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F.C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.23, p.66-70, 2003.
15. GARDNER, P.T.; WHITE, T.A.C.; MCPHAIL, D.B.; DUTHIE, G.G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids of phenolic to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chem.**, v.68, p.471-474, 2000.
16. GENNARO, L.; LEONARDI, C.; ESPOSITO, F.; SALUCCI, M.; MAIANI, G.; QUAGLIA, G.; FOGLIANO, V. Flavonoid and carbohydrate contents in tropea red onions: effects of homelike peeling and storage. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.1904-1910, 2002.
17. GIL, M.; FERRERES, F.; TOMÁZ-BARBERÁN, F.A. Effect of modified atmosphere packaging on the flavonoids and vitamin C of minimally processd swiss chard (*Beta vulgaris* Subspecies *cycla*). **J. Agric. Food Chem.**, v.46, p.2007-2012, 1998.
18. GIL, M.; FERRERES, F.; TOMÁZ-BARBERÁN, F.A. Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of fresh-cut spinach. **J. Agric. Food Chem.**, v.47, p.2213-2217, 1999.

19. GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAVER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **J. Nutr. Biochem.**, v.10, p.367-371, 1999.
20. IEA – SP. **Instituto de Economia Agrícola**. Disponível em <www.iea.sp.gov.br> Acesso em 11/04/2007.
21. JAWAHEER, B.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Effect of processing and storage of guava into jam and juice on the ascorbic acid content. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v.58, p.1-12, 2003.
22. KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRANCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.25, p.726-732, 2005.
23. LEE, M.T.; CHEN, B.H. Stability of lycopene during heating and illumination in a model system. **Food Chem.**, v.78, p.425-432, 2002.
24. MACLEAN, D.D.; MURR, D.P.; DEELL, J.R.; HORVATH, C.R. Postharvest variation in apple (*Malus domestica* δ Borkh.) flavonoids following harvest, storage, and 1-MCP treatment. **J. Agric. Food Chem.**, v.54, p.870-878, 2006.
25. MATITIUZ, B.H.; DURIGAN, J.F.; ROSSI JUNIOR, O.D. Processamento mínimo em goiabas ‘paluma’ e ‘pedro sato’. 2-Avaliação química, sensorial e microbiológica. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.23, p.409-413, 2003.
26. MIEAN, K.H.; MOHAMED, S. Flavonoid (myricetin, quercetin, kaempferol, luteolin and apigenin) content of edible tropical plants. **J. Agric. Food Chem.**, v.49, p.3106-3112, 2001.

27. MÍNGUEZ-MOSQUEIRA, M.I; HONERO, D. Analysing changes in fruit pigments. In: MAC DOUGALL, D. (Ed.). **Colour in food: improving quality**. 2002. 378p.
28. MULLEN, W.; STEWART, A.J.; LEAN, M.E.J.; GARDNER, P.; DUTHIE, G.G.; CROZIER, A. Effect of freezing and storage on the phenolics, ellagitannins, flavonoids, and antioxidant capacity of red raspberries. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.5197-5201, 2002.
29. NOGUEIRA, J.N.; SOYBIHE SOBRINHO, J.; VENSICOVSKY, R.; FONSECA, H. Efeito do armazenamento nos teores de ácido ascórbico e beta-caroteno em goiaba liofilizada. **Arch. Latinoam. de Nutr.**, v.28, p.363-377, 1978.
30. PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of brasilian guavas (*Psidium guajava L.*). **Food Chem.**, v.20, p.11-19, 1986.
31. PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; MORAES, M.A.C. Comparison of the carotenoid composition and general properties of the processed juice cultivar IAC-4 and commercial juices. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.3, p.109-116, 1983.
32. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods**. Arlington: John Snow Inc./OMNI Project, 1997. 88p.
33. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in food**. Washington, DC: OMNI Research, 1999. 64p. ISBN 1-57881-072-8.
34. SANZ, M.L.; VILLAMIEL, M.; MARTÍNEZ-CASTRO, I. Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices. **Food Chem.**, v.87, p.325-328, 2004.
35. SCALBERT, A.; MONTIES, B.; JANIN, G. Tannins in wood: Comparison of different estimation methods. **J. Agric. Food. Chem.**, v.37, p.1324-1329, 1989.

36. SHAMSUDIN, R.; MOHAMED, I.O.; YAMAN, N.K.M.. Thermophysical properties of Thai seedless guava juice as affected by temperature and concentration. **J. Food Eng.**, v.66, p.395-399, 2005.
37. TALCOTT, S.; LEE, J.H. Ellagic acid and flavonoids antioxidant content of muscadine wine and juice. **J. Agric. Food Chem.**, v.50, p.3186-3192, 2002.
38. TEIXEIRA, J.P.; SYLOS, C.M. **Efeito da estocagem da goiabada a diferentes temperaturas sobre os teores de carotenóides e de ácido ascórbico.** 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, Araraquara, SP.
39. THAIPONG, K.; BOONPRAKOB, U.; CROSBY, K.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.; BYRNE, D.H. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. **J. Food Comp. Anal.**, v.19, p.669-675, 2006.
40. TOOR, R.K.; SAVAGE, G.P. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes. **Food. Chem.**, v.94, p.90-97, 2006.
41. TOYODA, M.; TANAKA, K.; HOSHINO, K.; AKIYAMA, H.; TANIMURA, A.; SAITO, Y. Profiles of potentially antiallergic flavonoids in 27 kinds of health tea and green tea infusions. **J. Agric. Food Chem.**, v.45, p.2561-2564, 1997.
42. UDDIN, M.S.; HAWLADER, M.N.A.; DING, L.; MUJUMDAR, A.S. Degradation of ascorbic acid in dried guava during storage. **J. Food Engin.**, v.51, p.21-26, 2002.
43. VICENTE, A.R.; MARTÍNEZ, G.A.; CHAVES, A.R.; CIVELLO, P.M. Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage. **Posth. Biol. Technol.**, v.40, p.116-122, 2006.

44. YAMASHITA, F.; BENASSI, M.T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava L.*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.20, p.27-31, 2000.
45. YU, D.; DAHEGREN, R.A. Evaluation of methods for measuring polyphenol in coniter foliage. **J. Chem. Ecology**, v.26, p.2119-2140, 2000.
46. ZAFRILLA, P.; FERRERES, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F.A. Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams. **J. Agric. Food Chem.**, v.49, p.3651-3655, 2001.
47. ZHISHEN, J.; MENGCHENG, T.; JIANMING, W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. **Food Chem.**, v.64, p.555-559, 1999.

CAPÍTULO 4:

“Carotenóides e parâmetros de cor CIELAB em goiaba e seus produtos processados”

CAROTENÓIDES E PARÂMETROS DE COR CIELAB EM GOIABA E SEUS PRODUTOS PROCESSADOS*

Ana Paula Wolf TASCA**

Célia Maria de SYLOS**

RESUMO: As características sensoriais dos alimentos são os primeiros atributos de qualidade verificados pelos consumidores; sendo a cor um fator de aceitação averiguado antes mesmo do sabor e da textura. Cada vez mais, tem havido maior preocupação e exigência por parte dos consumidores em relação à conservação da qualidade nutricional dos alimentos. A cor, dentre outros fatores, está relacionada com o teor de carotenóides presentes nos frutos, que aumentam com o estágio de maturação dos mesmos. Os parâmetros de luminosidade (L^*), saturação (Chroma) e tonalidade (hue), fornecidos pelo sistema CIELAB, aportam elementos para a mensuração da cor. O objetivo deste trabalho foi medir a cor da goiaba cv. *Paluma* e seus produtos processados, através do sistema CIELAB, e relacioná-los com o conteúdo de carotenóides totais. O conteúdo de carotenóides totais apresentou boa correlação com os parâmetros L^* , a^* , b^* e Chroma para a goiaba cv. *Paluma* e boa correlação com todos os parâmetros avaliados para a polpa da goiaba. Para a goiabada apenas os parâmetros hue e as razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$ apresentaram boa correlação com o teor de carotenóides totais, devido ao fato de que no processo para obtenção da goiabada, ocorre a caramelização do açúcar com formação de compostos escuros que também irão contribuir na cor final da goiabada.

* Parte de dissertação de Mestrado do primeiro autor, Análise de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP, 14801-902, Araraquara, SP, Brasil.

** Laboratório de Análise de Alimentos, Departamento de Alimentos e Nutrição, Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP, 14801-902, Araraquara, SP, Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Goiaba; Goiabada; Carotenóides; Cor; CIELAB.

ABSTRACT: The sensory characteristics of food are the first attributes of quality checked by consumers; being the color a factor of acceptance examined before the same flavor and texture. Increasingly, there has been greater concern and demand from consumers in relation to the conservation of the nutritional quality of foods. The color, among other factors, is linked to the content of carotenoids present in the fruit, which increase with the level of maturity of the same. The parameters of luminosity (L^*), saturation (Chroma) and tone (hue), provided by the system CIELAB, support elements for the measurement of color. The aim of this study was to measure the color of guava cv. *Paluma* and its products processed through the system CIELAB, and relate them to the contents of total carotenoids. The contents of total carotenoids showed good correlation with the parameters L^* , a^* , b^* and Chroma for guava cv. *Paluma* and good correlation with all parameters evaluated for the pulp of guava. For guava jam only the parameters hue and the reasons a^*/b^* and $(a^*/b^*)^2$ showed good correlation with the level of total carotenoids, due to the fact that the process to obtaining the guava jam, occurs the formation of sugar caramel with dark compounds that will also contribute in the final color of guava jam.

KEYWORDS: Guava; Guava Jam; Carotenoids; Color; CIELAB.

Introdução

Observa-se em todo o mundo, um aumento destacado no consumo de frutas tropicais, principalmente em decorrência do seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos (FRANKE et al, 2004; LIMA et al, 2002). O Brasil é o terceiro produtor mundial de frutas, atrás apenas da China e Índia, exporta frutas frescas para países europeus, das Américas e do Oriente Médio (IEA – SP, 2007).

Os consumidores estão cada vez mais preocupados e exigentes em relação à conservação da qualidade nutricional dos alimentos (GABAS et al, 2003). Os primeiros atributos de qualidade verificados pelos consumidores são as características sensoriais e a cor, um fator de aceitação averiguado antes mesmo do sabor e da textura, e é um dos critérios usados para medir o grau de qualidade de frutas e alimentos em geral (MÉNDELEZ-MARTINEZ et al, 2007; TORREZAN et al, 2000).

Os carotenóides são pigmentos naturais, amplamente distribuídos na natureza, responsáveis pela atrativa coloração apresentada pela maioria das frutas e dos vegetais. Diversos fatores contribuem para as diferenças que podem ser encontradas na composição de carotenóides das frutas, tais como variedade/cultivares, estágio de maturação, efeitos

climáticos, condições de plantio e cultivo (tratamento do solo, influência de luz e raios solares, áreas geográficas, estação do ano), manuseio durante a colheita, transporte, armazenamento e conservação pós-colheita e estocagem (BASHIR et al, 2003; GORINSTEIN et al, 1999; RODRIGUEZ-AMAYA, 1999; SANZ et al, 2004).

Com a maturação acontecem transformações na composição dos frutos decorrentes de processos metabólicos inerentes ao crescimento e senescência dos frutos (AZZOLINI et al, 2004; BASHIR et al, 2003). Ocorre um aumento na concentração de carotenóides, decorrente da biossíntese destes pigmentos e um decréscimo na concentração de clorofilas (AZZOLINI et al, 2004).

Ao longo da história, vários sistemas de cor foram desenvolvidos para possibilitar a especificação e a quantificação da cor em alimentos. Atualmente, os mais utilizados são o sistema Hunter L, a, b (1958) e o CIE $L^*a^*b^*$ (1976), que se baseiam na teoria das cores opostas de Hering (1878), com três dimensões: verde oponente ao vermelho, azul oponente ao amarelo e preto oponente ao branco. Através da utilização de colorímetro triestímulo ou colorímetro-espectrofotômetro em uma escala de cor apropriada é possível obter dados quantificáveis e precisos sobre a cor de alimentos. Desenvolvido pela *Commission Internationale de l'Eclairage* (CIE), o sistema CIE $L^*a^*b^*$ determina parâmetros de cor e iluminação (COLOR GLOSSARY, 2007) que se localizam dentro de uma esfera de cor definida por três eixos perpendiculares: luminosidade (L^*), saturação (a^* índice de saturação vermelho e b^* índice de saturação amarelo) e tonalidade (hue) (ARIAS et al, 2000; MÉNDELEZ-MARTINEZ et al, 2005;2007). A luminosidade (L^*) pode ser definida como atributo de uma cor, onde o zero representa a cor preta e o 100 a cor branca, indicando maior ou menor grau de luz refletida. Os índices de saturação (a^* – vermelho, onde um valor positivo representa o vermelho e negativo o verde e, b^* – amarelo, onde um valor positivo

representa o amarelo e negativo o azul) se relacionam com a refletância ou transmitância da luz visível em um comprimento de onda específico, caracterizando a pureza de uma cor. O ângulo hue permite distinguir as tonalidades das colorações de mesma luminosidade, uma vez que se relaciona com as absorbâncias em diferentes comprimentos de onda; o valor de 0° representa o vermelho puro, enquanto que o valor de 180° representa o verde puro (ARIAS et al, 2000; LÓPEZ CAMELO e GÓMEZ, 2004; MÉNDELEZ-MARTINEZ et al, 2005).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os parâmetros de cor da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada, através do sistema CIELAB e relacioná-los com os teores de carotenóides totais.

Material e métodos

Material

As amostras de goiaba vermelha cv. *Paluma*, de polpa de goiaba e de goiabada foram fornecidas por *Alimentos Predilecta LTDA*, do município de Matão (SP). Foram coletadas amostras de diferentes datas de produção (outubro e novembro de 2006 e março e abril de 2007) e as análises realizadas em triplicata.

Preparo das amostras

As goiabas, com casca e sementes, foram liquidificadas, homogeneizadas e armazenadas em frascos âmbar esterilizados, em freezer à -18°C. A polpa de goiaba foi transferida dos “bags” industriais para frascos esterilizados, âmbar e congeladas à -18°C. A goiabada foi processada até a obtenção de um “creme” e armazenada em frascos âmbar esterilizados, em freezer (-18°C).

Métodos

Medição da Cor. Os valores de L^* (luminosidade), a^* (índice de saturação vermelho) e b^* (índice de saturação amarelo) foram obtidos após leitura das amostras em colorímetro-espectrofotômetro Hunter (Color Quest II Sphere, CQII/UNI 1200) em reflectância, em um ângulo de 10° e iluminante D_{65} . Os valores de L^* , a^* e b^* matematicamente combinados permitem calcular as razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$. O ângulo hue e Chroma foram calculados segundo as equações (ARIAS et al, 2000):

$$\text{hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* > 0 \text{ e } b^* \geq 0$$

$$\text{hue} = 180 + \tan^{-1} (b^*/a^*), \text{ quando } a^* < 0$$

$$\text{Chroma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

Carotenóides Totais. A extração foi realizada segundo Teixeira e Sylos (2006). Os carotenóides foram extraídos de cinco gramas de com metanol:éter etílico (1:1), sob agitação em vortex por 2 minutos e centrifugadas pelo mesmo tempo a 6500 rpm; o processo foi repetido até o resíduo tornar-se incolor. Os extratos foram colocados em funil de separação com éter de petróleo e éter etílico e, o metanol removido através de sucessivas lavagens com água destilada. O conteúdo de carotenóides totais foi determinado espectrofotometricamente, com leitura da absorbância do extrato etéreo a 470 nm (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999) em espectrofotômetro Beckman DU640. Utilizou-se o coeficiente de extinção do licopeno ($E_{1\text{cm}}^{1\%} = 3450$ em éter de petróleo) para realização dos cálculos (RODRIGUEZ-AMAYA, 1999).

Análise Estatística. O experimento foi delineado mediante análise de variância de 5% de probabilidade, através da utilização do ANOVA e comparação das médias pelo teste de Tukey

($p > 0,05$). A correlação entre os parâmetros de cor e o teor de carotenóides totais foi estabelecida de acordo com o coeficiente de correlação de Pearson.

Resultados e discussões

Parâmetros de Cor e Efeito do Processamento

Para as amostras de goiaba cv. *Paluma*, os valores obtidos apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) para todos os lotes; exceto entre os lotes 1 e 2, para o parâmetro b^* e a razão a^*/b^* . Em relação à polpa de goiaba, foram observadas diferenças não significativas ($p < 0,05$) para o valor de L^* , entre os lotes 2 e 3 e para as razões a^*/b^* (entre os lotes 1, 2 e 3) e $(a^*/b^*)^2$ (entre os lotes 1 e 2). No tocante à goiabada, verificou-se diferenças não significativas ($p < 0,05$) entre os lotes 1 e 3 em relação aos parâmetros L^* , a^* e b^* e estão apresentados na Tabela 1.

Na literatura são escassos os trabalhos que utilizam a goiaba como matriz para análise dos parâmetros de cor. Azzolini e colaboradores (2004) relacionaram os parâmetros de cor com os diferentes estádios de maturação de goiaba cv. *Pedro Sato*. Os autores mostraram que o ângulo hue foi o melhor índice para determinar o estágio de maturação da goiaba cv. *Pedro Sato* e, em relação à coloração da polpa, o valor de Chroma, pois um aumento da cromaticidade indica a mudança de cor rosa para vermelho intenso que provavelmente decorre da biossíntese de licopeno. Em relação à coloração da polpa, expressos em Chroma, os valores encontrados neste estudo, estão de acordo com os encontrados por Azzolini e colaboradores (2004), que foi de 32,8 em média.

Torrezan e colaboradores (2000) avaliaram a cor de polpa da goiaba cv. *IAC-4*, através do método CIE $L^*a^*b^*$, com iluminante C e ângulo de observação de 2° , e encontraram valores médios de luminosidade (L^*) = 44, índice de saturação vermelho (a^*) = 24,5, índice de saturação amarelo (b^*) = 35 e Chroma = 43; parâmetros estes semelhantes aos encontrados no presente estudo. Os autores também estudaram o efeito da adição de sacarose na cor da polpa da goiaba cv. *IAC-4* e verificaram que a luminosidade (L^*) diminuiu com o aumento do teor de sacarose.

Tabela 1 – Carotenóides totais (mg licopeno/100g) e valores dos parâmetros de cor do sistema CIELAB (L^* , a^* e b^*) e valores calculados (hue, Chroma, a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$) em amostras da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada.

Amostras	Carotenóides Totais	L^*	a^*	b^*	hue•	Chroma•	a^*/b^* •	$(a^*/b^*)^2$ •
Goiaba								
1	8,66 ^a	45,6 ^a	29,2 ^a	26,4 ^a	63,7 ^a	39,3 ^a	1,1 ^a	1,3 ^a
2	8,57 ^a	51,6 ^b	28,3 ^b	26,2 ^a	61,6 ^b	38,6 ^b	1,1 ^a	1,1 ^b
3	6,64 ^b	41,4 ^c	24,5 ^c	19,0 ^b	74,4 ^c	31,0 ^c	1,3 ^b	1,7 ^c
4	7,64 ^c	42,7 ^d	26,7 ^d	18,3 ^c	83,0 ^d	32,4 ^d	1,5 ^c	2,1 ^d
Polpa								
1	11,53 ^a	38,2 ^c	21,4 ^e	22,4 ^d	54,6 ^e	31,0 ^e	0,95 ^d	0,91 ^e
2	11,68 ^a	39,5 ^f	20,8 ^f	21,7 ^e	55,1 ^f	30,0 ^f	0,96 ^d	0,92 ^e
3	12,92 ^b	40,1 ^f	23,2 ^g	25,1 ^f	53,1 ^g	34,2 ^g	0,93 ^d	0,86 ^f
4	13,86 ^c	43,6 ^g	31,9 ^h	44,0 ^g	41,5 ^h	54,3 ^h	0,72 ^e	0,52 ^g
Goiabada								
1	7,23 ^a	34,4 ^h	16,1 ⁱ	13,2 ^h	69,9 ⁱ	20,8 ⁱ	1,23 ^f	1,50 ^h
2	5,81 ^b	20,6 ⁱ	21,9 ^j	23,8 ⁱ	52,6 ^j	32,3 ^j	0,92 ^g	0,84 ⁱ
3	6,40 ^c	33,4 ^h	15,5 ⁱ	13,2 ^h	67,4 ^k	20,4 ^k	1,18 ^h	1,38 ^j
4	7,91 ^d	12,0 ^j	34,4 ^k	20,8 ^j	95,5 ^l	40,2 ^l	1,66 ⁱ	2,74 ^k

• Valores seguidos de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, estatisticamente, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.

Giovanelli e Lavelli (2002) avaliaram o efeito do processamento térmico e da estocagem sobre a mudança total de cor (ΔE) e os parâmetros da CIE $L^*a^*b^*$ de produtos processados de tomate (polpa, purê e pasta) e correlacionaram estes valores com a formação de furosina e hidroximetilfurfural (HMF). Os autores relataram que em polpa de tomate sem tratamento térmico, o valor da razão a^*/b^* foi 1,98 e após tratamento térmico, o valor da razão foi 1,89, enquanto que a formação de furosina quase dobrou (70,6 para 131,5 mg/100g proteína) e a de HMF quase triplicou (13,5 para 32,9 mg Kg⁻¹ massa seca). Em relação à estocagem (40°C por 90 dias) para todos os produtos de tomate houve aumento na concentração de furosina e HMF. Os autores concluíram que a formação de furosina está relacionada com a intensidade do tratamento térmico aplicado no processamento e com as condições de estocagem; também concluíram que há estreita relação entre a formação de furosina e a mudança total de cor.

Correlação entre carotenóides totais e parâmetros de cor

Os resultados mostraram que existe boa correlação entre o teor de carotenóides totais e os parâmetros L^* , a^* , b^* e Chroma nas amostras de goiaba cv. *Paluma* (Tabela 2).

Segundo Arias e colaboradores (2000), o valor de a^* aumenta de acordo com a síntese de licopeno e a degradação da clorofila em tomates cv. *Laura*. López Camelo e Gómez (2004) verificaram que o aumento do valor de a^* relacionou-se efetivamente com a maturação de tomates (conseqüência da síntese de licopeno e da degradação da clorofila), e que o valor de Chroma também aumentou com a maturação do fruto até se tornar constante (uma vez que esse parâmetro reflete a saturação da cor). Para Brandt e colaboradores (2006), o valor de a^* e da

razão a^*/b^* foram os parâmetros que melhor se correlacionaram com a cor ao longo da maturação de tomates cv. *Lemance F1* e os teores de licopeno.

Para as amostras de polpa de goiaba, todos os parâmetros analisados (L^* , a^* , b^* , hue, Chroma, razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$) apresentaram boa correlação com o teor de carotenóides totais (Tabela 2).

Nas amostras de goiabada o parâmetro de luminosidade (L^*) foi menor do que aqueles encontrados na goiaba e na polpa de goiaba. Durante o processo de obtenção da goiabada, há uma etapa de caramelização do açúcar adicionado, onde ocorre a formação de compostos opacos, como as melanoidinas ou o caramelo. Na goiabada os parâmetros L^* , a^* e b^* apresentaram correlações menos importantes com o teor de carotenóides totais do que aquelas verificadas na goiaba e na polpa de goiaba, uma vez que há adição de outros ingredientes no processo de obtenção de goiabada. Boa correlação com o teor de carotenóides totais foi verificada com o ângulo hue e as razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$ na goiabada (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de correlação entre os teores de carotenóides totais e os parâmetros de cor do sistema CIELAB (L^* , a^* e b^*), valores calculados (hue, Chroma, a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$) em amostras da goiaba cv. *Paluma*, da polpa de goiaba e da goiabada.

Parâmetros	Goiaba	Polpa	Goiabada
L^*	0,7796 ^{††††}	0,9327 ^{††††}	0,3135 ^{††}
a^*	0,9904 ^{††††}	0,9156 ^{††††}	0,5778 ^{†††}
b^*	0,8739 ^{††††}	0,8907 ^{††††}	0,1891 [†]
hue	0,6829 ^{††††}	0,8885 ^{††††}	0,9409 ^{††††}
Chroma	0,9512 ^{††††}	0,8977 ^{††††}	0,3449 ^{††}
a^*/b^*	0,6523 ^{††††}	0,8757 ^{††††}	0,9458 ^{††††}
$(a^*/b^*)^2$	0,6310 ^{††††}	0,8921 ^{††††}	0,9287 ^{††††}

† Fraca Correlação; †† Baixa Correlação; ††† Alguma Correlação; †††† Boa Correlação.

O espectro de absorção dos carotenóides e os valores dos parâmetros do sistema CIELAB dependem do número de ligações duplas conjugadas na molécula, dos grupos cromóforos e da estrutura espacial da molécula, cíclica ou acíclica. O licopeno é uma molécula acíclica, com 11 ligações duplas conjugadas e apresenta os seguintes valores dos parâmetros do sistema CIELAB: $L^* = 93,3$; $a^* = 8,6$; $b^* = 36,1$; Chroma = 37,1 e hue = 76,6 (MELÉNDEZ-MARTÍNEZ et al, 2007).

Em estudo que avaliou a relação entre a cor e a estrutura química dos carotenóides, Meléndez-Martínez e colaboradores (2007) verificaram que os valores de a^* e do ângulo hue são os que melhor se relacionam com a estrutura química da molécula. O licopeno, de coloração vermelha intensa, se encontra no primeiro quadrante do plano a^*b^* (valores positivos). Os autores concluíram que o hue se relaciona inversamente com a quantidade de sistemas conjugados, sendo menor quanto maior o número de ligações duplas conjugadas existirem na molécula.

Conclusão

O conteúdo de carotenóides totais apresentou boa correlação com os parâmetros L^* , a^* , b^* e Chroma para a goiaba cv. *Paluma* e boa correlação com todos os parâmetros (L^* , a^* , b^* , hue, Chroma, razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$) para a polpa da goiaba. Para a goiabada apenas os parâmetros hue e as razões a^*/b^* e $(a^*/b^*)^2$ apresentaram boa correlação com o teor de carotenóides totais. Isto se deve ao fato de que no processo para obtenção da goiabada, ocorre a caramelização do açúcar adicionado com formação de compostos escuros que também irão contribuir na cor final da goiabada.

Agradecimentos

A CAPES pela bolsa de Mestrado para a primeira autora.

Referências Bibliográficas

1. AGOSTINI-COSTA, T.S.; ABREU, L.N.; ROSSETI, A.G. Efeito do congelamento e do tempo de estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides. **Rev. Bras. Frutic.**, v.25, p.56-58, 2003.
2. AOAC. **Official methods of analysis.** *Associations of official analytical chemists (AOAC)*, Inc., Arlington.1990.
3. ARIAS, R.; LEE, T.-C.; LOGENDRA, L.; JANES, H. Correlation of lycopene measured by HPLC with the L*, a*, b* color readings of a hydroponic tomato and the relationship of maturity with color and lycopene content. **J. Agric. Food Chem.**, v.48, p.1697-1702, 2000.
4. AZZOLINI, M.; JACOMINO, A.P.; BRON, I.U. Índices para avaliar qualidade pós-colheita de goiabas em diferentes estádios de maturação. **Pesq. Agropec. Bras.**, v.39, p.139-145, 2004.
5. BASHIR, H.A.; ABU-GOUKH, A.-B.A. Compositional changes during guava fruit ripening. **Food Chem.**, v.80, p.557-563, 2003.
6. BRANDT, S.; PÉK, Z.; BARNA, E.; LUGASI, A.; HELYES, L. Lycopene content and colour of ripening tomatoes as affected by environmental conditions. **J. Sci. Food Agric.**, v.86, p.568-572, 2006.
7. CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; LOCHOSKI, M.A.; KLUGE, R.A.; ORTEGA, E.M.M. Maturity indexes for 'Kumagai' and 'Paluma' guavas. **Rev. Bras. Frutic.**, v.28, p.176-179, 2006.
8. COLOR GLOSSARY. **Color Glossary A-C.** Disponível em <http://www.sapdesignguil.org/resources/glossary%5Fcolor>> Acesso em 23/03/2007.

9. ESCOBAR, A.P.; SYLOS, C.M. **Efeito do processo de obtenção de polpa de goiaba e goiabada sobre os teores de licopeno e de beta-caroteno.** 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, DAN, UNESP, Araraquara, SP.
10. FRANKE, A.A.; CUSTER, L.J.; ARAKAKI, C.; MURPHY, S.P. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **J. Food Comp. Analys.** v.17, p.1-35, 2004.
11. GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F.C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.23, p.66-70, 2003.
12. GIOVANELLI, G.; LAVELLI, V. Evaluation of heat and oxidative damage during storage of processed tomato products. I. Study of heat damage indices. **J. Sci. Food Agric.**, v.82, p.1263-1267, 2002.
13. GORINSTEIN, S.; ZEMSER, M.; HARUENKIT, R.; CHUTHAKORN, R.; GRAVER, F.; MARTIN-BELLOSO, O.; TRAKHTENBERG, S. Comparative content of total polyphenols and dietary fiber in tropical fruits and persimmon. **J. Nutr. Biochem.**, v.10, p.367-371, 1999.
14. IEA – SP. **Instituto de Economia Agrícola.** Disponível em <www.iea.sp.gov.br> Acesso em 11/04/2007.
15. KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRANCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v.25, p.726-732, 2005.
16. LIMA, V.L.A.G.; MELO, E.A.; LIMA, D.E.S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agric.**, v.59, p.447-450, 2002.
17. LÓPEZ CAMELO, A.F.L.; GÓMEZ, P.A. Comparison of color indexes for tomato ripening. **Hortic. Bras.**, v.22, p.534-537, 2004.

18. MÉNDELEZ-MARTINEZ, A.J.; VICARIO, I.M.; HEREDIA, F. Instrumental measurement of orange juice color: a review. **J. Sci. Food Agric.**, v.85, p.894-901, 2005.
19. MÉNDELEZ-MARTÍNEZ, A.J.; BRITTON, G., VICARIO, I.M.; HEREDIA, F. Relationship between the colour and the chemical structure of carotenoid pigments. **Food Chem.**, v.101, p.1145-1150, 2007.
20. PADULA, M.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Characterisation of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of brasilian guavas (*Psidium guajava L.*). **Food Chem.**, v.20, p.11-19, 1986.
21. RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A guide to carotenoid analysis in food.** Washington, DC: OMNI Research, 1999. 64p. ISBN 1-57881-072-8.
22. SANZ, M.L.; VILLAMIEL, M.; MARTÍNEZ-CASTRO, I. Inositols and carbohydrates in different fresh fruit juices. **Food Chem.**, v.87, p.325-328, 2004.
23. TEIXEIRA, J.P.; SYLOS, C.M. **Efeito da estocagem da goiabada a diferentes temperaturas sobre os teores de carotenóides e de ácido ascórbico.** 2006. Dissertação (Mestrado em Análise de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, UNESP, Araraquara, SP.
24. TORREZAN, R.; FERREIRA, V.L.P.; YOTSUYANAGI, K.; JARDINE, J.G.; VITALI, A.A. Efeito da adição de ingredientes na cor de polpa de goiaba. **CEPPA**, Curitiba, v.18, p.209-220, 2000.