

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS E AGRÍCOLA

GOIABA (*Psidium guajava* L.) CULTIVAR IAC-4:
CAROTENÓIDES E OUTRAS PROPRIEDADES, MUDANÇAS
DURANTE PROCESSAMENTO E ESTOCAGEM

MARISA PADULA
Engenheiro de Alimentos

ORIENTADORA:

Dra. DÉLIA RODRIGUEZ AMAYA

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de Mestre em Ciências de Alimentos.

Campinas - S.P. - 1983

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

Dedico aos meus pais, Gilda e Imero.

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dêlia Rodríguez Amaya meu agradecimento não sô pela sua orientação segura, paciência e dedicação, mas também à sua contri
buição no aperfeiçoamento de um espírito crítico e à grande afei-
ção e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.

À FAPESP, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo,
pelo suporte financeiro para desenvolvimento da parte prática des-
te trabalho.

Ao CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecno-
lógico pela bolsa de pós-graduação.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos, em especial a Mârcia Pai-
sano Soler pela colaboração no processamento do suco de goiaba.

À Hana K. Arima pela sua colaboração em alguns aspectos do traba-
lho.

À todo pessoal do laboratório de Análises de Alimentos que de al-
guma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

À Agrocica, por fornecer a matéria-prima, goiaba Cultivar IAC-4,
indispensável para desenvolvimento do trabalho.

Ao Prof. Fernando M. Pereira pela ajuda na escolha da matéria-pri-
ma.

Ao Prof. Waldemiro Sgarbieri por permitir o uso do espectrofotômetro no laboratório de Nutrição durante todo o trabalho.

À Profa. Maria Amélia C. Moraes pela ajuda na análise sensorial e à Yara Tosello pela análise estatística.

À Profa. Maria Braga R. Cardoso pela correção de português.

À todos aqueles que souberam compreender e me apoiar durante a elaboração do presente trabalho.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMO.....	v
SUMMARY.....	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 - Propriedades Químicas da Goiaba e Mudanças durante Processamento e Estocagem.....	3
2.2 - Estudos com a Goiaba Cultivar IAC-4.....	9
2.3 - Carotenóides em Frutas Tropicais.....	13
2.4 - Funções Fisiológicas de Carotenóides.....	18
2.5 - Degradação de Carotenóides.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1 - Material.....	30
3.2 - Métodos Gerais - Composição Química.....	31
3.2.1 - Determinação de sólidos solúveis (°Brix)...	31
3.2.2 - Determinação de pH e acidez total.....	31
3.2.3 - Determinação de açúcares redutores e totais.....	31
3.2.4 - Determinação de ácido ascórbico.....	31
3.2.5 - Determinação do teor de umidade.....	32
3.3 - Determinação de Carotenóides.....	32
3.3.1 - Extração.....	32
3.3.2 - Saponificação.....	33
3.3.3 - Cromatografia em coluna.....	33
3.3.4 - Identificação.....	38

	Página
3.3.5 - Determinação quantitativa.....	40
3.3.6 - Cálculo do valor de vitamina A.....	40
3.4 - Obtenção do Perfil de Componentes Voláteis.....	40
3.4.1 - Captura dos voláteis.....	40
3.4.2 - Cromatografia a gás.....	41
3.5 - Processamento Térmico do Suco.....	42
3.6 - Estocagem.....	42
3.7 - Avaliação Sensorial.....	44
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
4.1 - Carotenóides e Outras Propriedades da Goiaba Cultivar IAC-4.....	45
4.2 - Comparação com Algumas Goiabas do Nordeste.....	62
4.2.1 - Carotenóides e propriedades gerais.....	62
4.2.2 - Comparação dos perfis dos voláteis.....	69
4.3 - Mudanças Durante Processamento do Suco da Goiaba Cultivar IAC-4.....	69
4.4 - Mudanças Durante a Estocagem do Suco.....	75
4.5 - Comparação do Suco de Goiaba Cultivar IAC-4 com Sucos Comerciais.....	80
4.5.1 - Conteúdo de carotenóides.....	80
4.5.2 - Propriedades gerais.....	83
4.5.3 - Avaliação sensorial.....	86
5. CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	104

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
1. Valores médios determinados em amostras de 200 frutas da variedade IAC-4 com intervalo de confiança de 95% de probabilidade.....	10
2. Resultados das análises químicas de goiabas da variedade IAC-4, média de 3 análises nas partes externas e internas das frutas.....	11
3. Atividade de vitamina A de alguns carotenóides.....	20
4. Propriedades dos carotenóides em goiaba Cultivar IAC-4.....	46
5. Composição de carotenóides ($\mu\text{g/g}$) e valor de Vitamina A (UI/100g) de goiaba Cultivar IAC-4.....	60
6. Composição de carotenóides ($\mu\text{g/g}$) e valor de Vitamina A (UI/100g) de goiabas provenientes de Fortaleza e Recife.....	63
7. Comparação das propriedades gerais da goiaba Cultivar IAC-4 e goiabas provenientes de Recife e Fortaleza.....	67
8. Efeito do processamento na composição dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$), valor de vitamina A (UI/100g) e vitamina C (mg/100g) do suco de goiaba Cultivar IAC-4.....	71
9. Mudanças na composição de carotenóides principais ($\mu\text{g/g}$) e vitamina C (mg/100g) durante a estocagem do suco de goiaba Cultivar IAC-4.....	76
10. Comparação quantitativa de carotenóides ($\mu\text{g/g}$) e valor de vitamina A (UI/100g) do suco de goiaba Cultivar IAC-4 e outros sucos comerciais marcas A e B.....	81

11. Comparação das propriedades gerais do suco de goiaba Cultivar IAC-4 com sucos comerciais marcas A e B.....	85
12. Avaliação sensorial do suco de goiaba Culti- var IAC-4 e sucos comerciais.....	87

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Biossíntese de carotenóides em frutas durante amadurecimento.....	15
2. Degradação do licopeno proposta por Boskovič (1979).....	28
3. Separação de carotenóides de goiaba Cultivar IAC-4.....	34
4. Separação de carotenóides de sucos de goiaba.....	36
5. Fluxograma do processamento de suco de goiaba.....	43
6. Estruturas dos carotenóides encontrados em goiaba Cultivar IAC-4.....	47
7. Espectro de absorção da fração 1 (β -caroteno) em éter de petróleo.....	48
8. Espectro de absorção da fração 2 (ζ -caroteno) em éter de petróleo.....	49
9. Espectro de absorção da fração 3-a (γ -caroteno) em éter de petróleo.....	50
10. Espectro de absorção da fração 5-a (licopeno) em éter de petróleo.....	51
11. Espectro de absorção da fração 4 (zeinoxantina) em éter de petróleo.....	52
12. Espectro de absorção da fração 3b (5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno) (—) e o seu produto de reação após adição de ácido clorídico 0,1N (---).....	53
13. Espectro de absorção da fração 5b (5,8-epóxi-3,3',4-trihidroxi- β -caroteno) em éter de petróleo.....	55

14. Reações químicas dos oxicarotenóides encontrados em goiaba Cultivar IAC-4.....	56
15. Espectros de absorção em éter de petróleo da fração <i>cis</i> - γ -caroteno (—) e depois da isomerização catalizada por iodo (---).....	64
16. Espectro de absorção da fração 5,8-epóxi-zeinoxantina em éter de petróleo.....	65
17. Perfil dos componentes voláteis da goiaba.....	70
18. Espectros de absorção em éter de petróleo do <i>cis</i> -licopeno (—) e depois da isomerização catalizada por iodo (---).....	73
19. Espectros absorção visível de ζ -caroteno (—), pigmento 1 semelhante ao ζ -caroteno (---) e pigmento 2 semelhante ao ζ -caroteno (-.-.-) em éter de petróleo.....	74
20. Perfil dos componentes voláteis de suco de goiaba Cultivar IAC-4.....	79
21. Espectros de absorção em etanol (95%) da cantaxantina (—) e seu produto de redução (---).....	82
22. Espectro de absorção do neurosporeno em éter de petróleo.....	84

RESUMO

Através da cromatografia em coluna e em camada delgada, espectrometria de absorção visível e reações químicas, os carotenóides na goiaba Cultivar IAC-4 foram identificados como: β -caroteno, ζ -caroteno, γ -caroteno, zeinoxantina, licopeno, 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno e 5,8-epóxi-3,3',4-trihidroxi- β -caroteno. O principal pigmento foi o licopeno, correspondendo a 86% de 62 $\mu\text{g/g}$ de carotenóides totais. O teor de β -caroteno foi 3,7 $\mu\text{g/g}$, consequentemente o valor de vitamina A foi relativamente baixo (617 UI/100 g).

Os mesmos sete carotenóides apareceram nas amostras de goiabas de Fortaleza e Recife, sendo que nesta última ainda foram detectados: *cis*- γ -caroteno e 5,8-epóxi-zeinoxantina. Embora o teor de licopeno nas goiabas do Nordeste fosse próximo ou menor ao encontrado na goiaba IAC-4, o teor de β -caroteno (5,5-11,9 $\mu\text{g/g}$) foi maior, correspondendo a um maior valor de vitamina A (917-1983 UI/100 g).

Com relação a vitamina C a quantidade encontrada na goiaba Cultivar IAC-4 foi bem maior (97,7 mg/100g) que a das goiabas do Nordeste (9,2-52,2 mg/100g).

No processamento de suco de goiaba Cultivar IAC-4 as principais alterações observadas foram a degradação do licopeno, transformações do seu isômero *trans* para *cis* e perda de 11% de vitamina C. Durante estocagem ocorreu uma diminuição de 63%, 25% e 46% no *cis*-licopeno, no licopeno e na vitamina C, respectivamente. Tanto no processamento como na estocagem, o teor de β -caroteno, permaneceu constante, e um possível produto intermediário de de-

gradação com características semelhantes ao β -caroteno foi detectado.

O conteúdo de carotenóides do suco de goiaba Cultivar IAC-4 após 10 meses de estocagem (29,1 $\mu\text{g/g}$) foi bem maior que dos sucos comerciais marcas A e B (16,8 e 6,9 $\mu\text{g/g}$, respectivamente), apesar do tratamento térmico drástico aplicado ao suco IAC-4. Os sucos comerciais (marca B adquiridos em 1981/82 e marca A adquiridos em 1981) continham cantaxantina, pigmento comum em animais, usado comercialmente como corante e que aparentemente foi adicionado ao suco para melhorar a coloração. Em relação ao teor de β -caroteno, os sucos de goiaba Cultivar IAC-4 e marca A apresentaram valores equivalentes e maiores que aqueles obtidos para o suco marca B. O teor de vitamina C do suco de goiaba IAC-4 mostrou-se maior que no suco marca B. Na marca A foi acrescentada esta vitamina, o que explica o seu teor mais elevado. No suco marca B foram registrados teores de açúcares totais maiores que açúcares redutores, evidenciando a adição de sacarose. A avaliação sensorial demonstrou a superioridade do suco IAC-4 em todas as características analisadas (cor, gosto, odor e preferência).

SUMMARY

Using column and thin layer chromatography, visible absorption spectrometry and chemical reactions, the carotenoids of guava cultivar IAC-4 were identified as: β -carotene, ζ -carotene, γ -carotene, zeinoxanthin, lycopene, 5,6,5',6'-diepoxy- β -carotene and 5,8-epoxy-3,3',4-trihydroxy- β -carotene. The principal pigment was lycopene, corresponding to 86% of the total carotenoid content of 62 $\mu\text{g/g}$. β -carotene was present at only 3,7 $\mu\text{g/g}$, consequently the vitamin A value was relatively low (617 IU/100g).

The same seven carotenoids were encountered in guavas from Fortaleza and Recife. Two others pigments, *cis*- γ -carotene and 5,8-epoxi-zeinoxanthin, were found in the samples from Recife. While the lycopene contents of the Northeastern fruits were equal to or lower than that found in guava IAC-4, the β -carotene level (5,5-11,9 $\mu\text{g/g}$) was higher, corresponding to a higher vitamin A value (917-1983 IU/100g).

With respect to vitamin C, the amount detected in guava cultivar IAC-4 was much higher (97,7 mg/100g) than those encountered in the Northeastern guavas (9,2-52,2 mg/100g).

On processing of the guava cultivar IAC-4 juice, the principal changes were degradation of lycopene, transformation of its *trans* isomer to *cis* and an 11% loss of vitamin C. During storage, losses of 63%, 25% and 46% for *cis*-lycopene, *trans*-lycopene and vitamin C, respectively, were observed. The β -carotene content remained stable and a possible intermediate degradation product, with characteristics similar to ζ -carotene, was detected on both processing and storage.

The carotenoid content of the guava IAC-4 juice stored for 10 months (29,1 $\mu\text{g/g}$) was much higher than those found in commercial juices brands A and B (16,8 and 6,9 $\mu\text{g/g}$, respectively), in spite of the drastic thermal treatment applied to the IAC-4 juice. The commercial juices (Brand B acquired in 1981-1982 and Brand A acquired in 1981) contained cantaxanthin, a typical animal pigment currently used commercially as food colorant, which was apparently added to improve the color. With regards to β -carotene, the guava IAC-4 juice and Brand A presented equivalent amounts, higher than those obtained for Brand B. A higher vitamin C level was found in guava IAC-4 juice than in Brand B. This vitamin was added to Brand A, explaining its elevated content. The total sugar surpassed the reducing sugar content in Brand B, indicating addition of sucrose. The sensory evaluation demonstrated the superiority of the IAC-4 juice in all aspects (color, taste, odor, preference).

1. INTRODUÇÃO

Por suas várias funções, os carotenóides tem sido pesquisados há muitos anos. Contudo, os conhecimentos atuais carecem de consolidação em muitos aspectos.

Em alimentos os carotenóides assumem vários papéis benéficos e desejáveis. Na indústria de alimentos a importância destes constituintes reside, principalmente, na cor agradável que eles conferem aos alimentos e sua retenção em produtos acabados constitui um desafio. Com a preocupação crescente com a segurança dos corantes artificiais, quantidades cada vez maiores destes estão sendo substituídos por carotenóides e outros pigmentos naturais. Nutricionalmente alguns carotenóides atuam como precursores de vitamina A. Estima-se que pelo menos metade da vitamina A fornecida pela dieta está na forma de pró-vitamina A. Mais recentemente uma outra função tem chamado a atenção sobre carotenóides e vitamina A. A Academia Nacional de Ciências considerou suficientes as provas epidemiológicas demonstrando que alimentos ricos nestes compostos reduzem o risco da incidência de câncer.

Embora o problema mais citado na literatura sobre carotenóides seja sua fácil degradação, com conseqüente perda de cor, de atividade de pró-vitamina A e de ação inibidora contra o câncer, tanto os mecanismos como os produtos de degradação são ainda suposições.

A goiaba (*Psidium guajava* L.) é uma das frutas tropicais mais conhecida internacionalmente. Apesar disso a sua composição em termos de carotenóides ainda não foi estabelecida. Além disso, poucos esforços tem sido feito no Brasil para melhoramento das va

riedades e adequação aos diversos processamentos. Existe grande heterogeneidade nas goiabas comercializadas pois sua propagação se dá por meio de sementes. Uma exceção é a goiaba Cultivar IAC-4, desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas, no Estado de São Paulo. Atualmente a maioria dos pomares de goiaba deste Estado estão formados por esta variedade.

Os objetivos deste trabalho, portanto, são: 1) Determinar a composição de carotenóides na goiaba Cultivar IAC-4, 2) comparar a composição com a das goiabas do Nordeste, 3) estudar as mudanças qualitativas e quantitativas durante processamento e estocagem, 4) comparar o suco produzido da goiaba IAC-4 com os sucos comerciais. Embora a ênfase deste trabalho repouse na caracterização dos carotenóides e transformações sofridas pelos mesmos, outras propriedades foram também estudadas como uma complementação necessária para uma caracterização mais completa.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Propriedades Químicas da Goiaba e Mudanças Durante Processamento e Estocagem

Os estudos sobre goiaba (*Psidium guajava* L) têm se intensificado largamente nos últimos anos e as pesquisas tem-se concentrado na determinação das propriedades químicas e no processamento principalmente na forma de suco, purê ou polpa.

Entre as várias propriedades químicas estudadas, as substâncias pecticas e a atividade de enzimas pectinolíticas têm recebido bastante interesse. El-Tinay et al. (1979) separaram e caracterizaram as substâncias pecticas de duas cultivares de goiaba (branca e vermelha), frescas e após enlatamento. Foram determinados os pesos moleculares, grupos carboxílicos esterificados e livres, conteúdo de metoxilas. As substâncias pecticas também foram separadas em frações solúveis em água, em oxalato e em hidróxido de sódio. Observaram que, durante a estocagem, a pectina solúvel em hidróxido de sódio, que representa a fração protopectina, transformou-se em pectina aquossolúvel que, posteriormente, se difundiu para a calda. Esta passagem da pectina para calda foi menor na goiaba tratada com cloreto de cálcio.

A pectina obtida da goiaba, quando comparada com pectinas comerciais, apresentou baixo teor de metoxilação, com baixa capacidade geleificante formando gel rapidamente, portanto, adequada para geléias com baixo teor de açúcar (Muroki e Saint-Hilaire, 1977). De acordo com Ferro e Castelblanco (1969), é de se esperar que a pectina de goiaba geleifique rapidamente devido ao alto grau de polimerização.

A percentagem de pectina, como ácido pécico, em goiabas venezuelanas, foi determinada por Medina (1968), obtendo valores de 0.69 - 0.15%. A atividade da enzima pectinasterase e sua inativação por branqueamento também foi estudada. A enzima apresentou inativação de 50% a 85°C durante 3 minutos, 88,9% a 85°C durante 5 minutos e 100% a 90°C durante 5 minutos.

Na comparação de sete variedades de goiaba, constatou-se maior conteúdo de pectina em três variedades no estágio maduro. O perfil da atividade de pectinasterase apresentou-se semelhante em todas as variedades, sendo alto no estágio imaturo, diminuindo consideravelmente no estágio maduro e elevando-se novamente com amadurecimento, atingindo o máximo no estágio de fruta passada (Pal e Selvaray, 1979). Por outro lado, Hussain e Shah (1975), observaram um aumento da atividade das enzimas pectinasterase e poligalacturonase durante amadurecimento e posterior decréscimo à medida em que a fruta passava ao estado maduro. A atividade da enzima metil esterase demonstrou-se máxima no estágio verde, coincidindo com o conteúdo máximo de pectina (Shastri e Shastri, 1975). Embora o conteúdo total de pectina tenha aumentado até a oitava semana de amadurecimento e diminuído a seguir, a concentração de pectina aquossolúvel aumentou gradativamente, durante todo o processo de amadurecimento. O decréscimo do conteúdo de pectina também foi relatado por Reys et al. (1976).

Quanto aos açúcares, os principais encontrados em goiaba foram redutores (glicose e frutose), com teores bem mais baixos de sacarose (Chan e Kwork, 1975; Gutierrez et al., 1976). A presença de pequenas quantidades de ceto-heptose foi observada por

Ogata et al. (1972) em goiaba e outras frutas tropicais e relacionada com níveis mais elevados de açúcar na urina de diabéticos durante o verão, quando estas frutas estão em safra.

Uma vez que a goiaba é considerada uma das fontes mais ricas de vitamina C, a determinação do conteúdo deste nutriente foi sem dúvida o aspecto mais intensamente pesquisado. Ocorre uma grande variação nos valores relatados, dependendo da região, condições climáticas, variedades, estágio de amadurecimento e método utilizado. Foram constatados valores de 100mg/100g de fruta para goiabas do Havai (Wenkam e Miller, 1965), 500mg/100g (Khattak et al., 1974) e 242,69mg/100g de polpa (Singh et al., 1981) para goiabas da Índia, 262,7mg/100g para uma variedade de goiaba do Egito (El-Wakeel, 1975) e 1000mg/100g ou mais para uma variedade de goiaba do México (Lakshminarayana e Moreno Rivera, 1979). Medina (1968), obteve 110-116 mg de vit. C/100g em goiabas da Venezuela e observou que a perda durante a preparação da polpa foi de 80-82%. Esta quantidade está dentro da faixa encontrada por Rivas (1964), 26,7-214,6 mg/100g para diversas variedades também da Venezuela. Na tabela de composição para uso na América Latina (INCAP-ICCND, 1961), encontra-se o valor de 218mg de vitamina C/100g.

As diversas variedades de goiaba no Brasil também apresentaram uma grande variação no teor da vitamina C (26,7-450 mg/100g). Para frutas provenientes de Pernambuco, Parahym (1951) obteve 66 mg/100g para goiaba vermelha e 47 mg/100g para goiaba branca. Goldberg e Levy (1951) relataram que o teor mais elevado é de 450 mg/100g sem, contudo, especificar a origem ou a variedade da goiaba. As goiabas vermelhas comuns, provenientes de São Paulo, apresentaram quantidades que variaram de 26,7-215 mg/100g (Kato e

Martin, 1978), Fonseca et al. (1969), estudando 30 tipos de frutas, encontraram 166-169 mg/100g de vitamina C também em goiaba de São Paulo.

A perda de vitamina C é um dos parâmetros mais comumente quantificados no processamento e estocagem de polpa, purê, suco e concentrado de goiaba (Jain e Borkar, 1968, 1970, 1971; Murali-krishna et. al., 1970; Brekke et al., 1970; Sanchez et al., 1970; Foda et al., 1970; Heikal et al., 1972; Diaz Delgado e Villalobos Cruz, 1974; Khurdiya e Roy, 1974; Martin et al., 1975; Shah et al., 1975; Sufi et al., 1976; Kato et al., 1976; Salomon et al., 1976, 1977; Nip, 1979, Ito et al., 1980; Chan e Cavaletto, 1982). Foram obtidos valores numa faixa ampla, variando de 0-67% no processamento e 0-97%, após 6 meses de estocagem. É de se esperar que as perdas variem de acordo com certos fatores como variedade de fruta, tipo e condições de processamento, tempo e condições de estocagem e presença de aditivos. Mesmo em condições semelhantes, en tretanto, foram relatados valores divergentes. Por exemplo, durante a pasteurização a 92°C de purê de goiaba, foram observadas perdas de 36% por Kato et al. (1976). Por outro lado, Sanchez et al. (1971) relataram perdas entre 2,2 a 11,0% em nectares de goiaba submetidos às temperaturas de 150, 185, 210 ou 215°F. Chan e Cavaletto (1982) não observaram mudanças no valor desta vitamina durante processamento de polpa a 93°C por 26 e 38 segundos. Em sucos liofilizados, perdas em torno de 67% foram encontradas por Heikal (1972) enquanto não foram observadas mudanças significativas por Foda et al. (1970).

Na estocagem, observou-se uma perda de 80% em polpa de goiaba congelada, após seis meses (Kato et al., 1976) enquanto

Martin et al. (1975) não observaram mudanças durante o mesmo tempo. Perda de mais de 12,0% foi encontrada para polpa asséptica, após um mês de estocagem e de 29,8 e 56,8%, após seis meses de estocagem à temperatura ambiente (dependendo do tempo de pasteurização, 26 e 38 segundos, respectivamente) (Chan e Cavaletto, 1982). Em comparação a estes valores, perdas em torno de 97% foram encontradas após seis meses de estocagem de polpa pasteurizada e preservada com aditivos (Salomon et al., 1976). Em sucos liofilizados, praticamente, não houve mudanças desta vitamina durante estocagem (Heikal, 1972 e Foda, 1970).

Além do ácido ascórbico, foram detectados em goiabas ácidos orgânicos cítricos, málico, láctico e galacturônico. Em goiabas cultivadas predominaram em quantidades iguais os ácidos cítrico e málico, enquanto que, para goiabas selvagens o ácido cítrico prevaleceu (Chan, 1971).

Em relação ao conteúdo de carotenóides em goiabas, são poucos os trabalhos encontrados. Fonseca et al. (1969) encontraram 2.380-3.560 mg de β -caroteno/100g para goiabas do tipo vermelho provenientes de São Paulo. Nakasone et al. (1976) determinaram a percentagem de licopeno em diversas variedades de goiaba do Haváí, obtendo valores de 4.78-6.90 mg/100g.

O valor de vitamina A relatado para goiaba brasileira foi de 4170 UI/100g (Chaves et al., 1949) para a variedade vermelha. A tabela de composição de alimentos para uso na América Latina (INCAP-ICCNND, 1961) apresenta valores de 80ug e 70ug de vitamina A por 100g de fruta, para fruta inteira e fruta sem casca, respectivamente.

Também existem poucos trabalhos sobre a perda de cor du-

rante o processamento e estocagem. Sanchez et al. (1970) estudaram o efeito de tratamentos térmicos sobre a qualidade e vida-de-prateleira de suco de goiaba congelado. Afirmaram que não houve perda de cor durante o processamento, porém foi adicionado corante "FDC Red nº 2" na polpa de goiaba. Foi detectada grande perda de aroma no processamento no entanto, concluíram que os diferentes tratamentos térmicos não têm efeito sobre a qualidade e vida-de-prateleira de suco de goiaba.

Alterações de cor de purê de goiaba em embalagens assépticas "bag-in-box" foram determinadas, através de medidas de absorbância do extrato de carotenóides em éter de petróleo no comprimento de onda de 468 nm (Chan e Cavaletto, 1982). O tratamento térmico foi realizado a 93°C durante 26 e 38 segundos. Constataram um decréscimo no valor de carotenóides total de 9,0% e 11,5% para o primeiro e segundo processamentos, respectivamente, em relação ao teor inicial (4,42 mg%). Durante o primeiro mês de estocagem, as amostras apresentaram um aumento na absorbância a 468 nm, aumento este que os autores não explicaram e que não foi refletido nos valores medidos no Hunter e na avaliação sensorial de cor. Após seis meses de estocagem, o total de carotenóides diminuiu 20,8% ou mais em ambos os tratamentos.

As mudanças de cor em flocos de goiaba-taro foram acompanhadas somente através do escurecimento não enzimático, por meio de medidas de absorbância a 390 nm (Nip, 1979). Após quatro semanas de estocagem a 28°C houve aparecimento de cor marron clara. O grau de escurecimento progrediu gradualmente e, após 24 semanas, os flocos tornaram-se marrons. Os autores explicaram que o desenvolvimento de pigmentos marrons nos flocos estocados a 22 e 38°C

foi devido à instabilidade do licopeno.

Foram realizados vários estudos sobre os componentes voláteis da goiaba (Torline e Ballschmieter, 1973); Pattabhiraman et al., 1968, 1969; Oliveros-Belardo et al., 1971). Vinte e dois componentes voláteis foram identificados por Steves (1970) em purê de goiaba, por espectrometria de massa, sendo cis-3-hexen-1-ol, hexanol e hexanal os predominantes. Ésteres de metil benzoato, fenil etil acetato, metil cinamato e cinamil acetato foram identificados como alguns dos prováveis responsáveis pelo aroma de goiaba, observação esta posteriormente apoiada por Wilson e Shaw (1978a). Estes últimos autores ainda identificaram em outro trabalho (Wilson e Shaw, 1978b) onze hidrocarbonetos, dos quais o cariofileno foi o principal. Levantaram a possibilidade de que estes compostos podem ser os responsáveis pela atração que o aroma de goiaba exerce sobre os insetos.

2.2 - Estudos com a Goiaba Cultivar IAC-4

A goiaba Cultivar IAC-4 foi desenvolvida pelo Instituto Agronômico de Campinas, no Estado de São Paulo, e é praticamente a única variedade brasileira definida, que está sendo utilizada industrialmente. São goiabas arredondadas, de polpa rosada, pesando 70-160 g. As características físicas e químicas foram determinadas por Garcia (1978) e estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2.

A comparação do desempenho de dez variedades de goiaba (São José Periforme, Tetraplóide de Limeira, Brune Vermelha, Brune Branca, Pirassununga Branca, Riverside Vermelha, IAC-4, Pirassununga Vermelha, Industrial Montes Claros e Pêra) foi realizada

TABELA 1: Valores médios determinados em amostra de 200 frutos da variedade IAC-4 com intervalo de 10 de confiança de 95% de probabilidade.

	Média	Desvio-padrão	Intervalo de confiança para média	Coefficiente de variação
Comprimento (mm)	57.04	5.212	57.88 - 56.25	9.14
Diâmetro (mm)	53.00	4.158	53.67 - 52.34	7.85
Peso (g)	88.360	20.410	91.626 - 85.095	23.10
Peso específico Real (g/cm ³)	0.980	0.096	0.995 - 0.964	9.87
Aparente (g/cm ³)	0.582	0.010	0.588 - 0.581	1.71

Referência: Garcia et al. (1978).

TABELA 2: Resultado das análises químicas de goiabas da variedade IAC-4, média de 3 análises, nas partes externas e internas das frutas.

Análises químicas	Parte externa	Parte interna
pH	4.30	4.20
Brix	9.00	9.50
Acidez (% ácido cítrico)	0.48	0.44
Açúcares redutores (%)	5.50	5.80
Açúcares totais (%)	5.76	6.08
Sólidos totais (%)	12.85	14.51

Referência: Garcia et al. (1978)

com base nas características químicas, peso e número de frutos/ha, peso médio do fruto e relação polpa/miolo em peso e espessura, com o objetivo de oferecer alternativas para fins industriais específicos ou consumo "in natura". Na combinação de todas as características, a variedade Industrial Montes Claros apresentou melhor desempenho na opção de goiabas de baixa acidez e a variedade Pirassununga Vermelha na opção de acidez elevada. As variedades IAC-4 e Brune Vermelha apresentaram médias maiores de vitamina C, 191 mg/100g e 180 mg/100g, respectivamente, com a vantagem de não sofrerem influência da época de colheita. A variedade Montes Claros apresentou média alta de vitamina C (181 mg/100g) durante a época máxima de produção (Passos, 1979).

Usando a goiaba IAC-4, melhorada através de seleção massal, Nogueira et al. (1978) determinaram a retenção de β -caroteno e vitamina C em goiaba liofilizada e armazenada à temperatura ambiente. Foram detectados na fruta fresca 80.5 mg de vit. C/100g e 0.30 mg de β -caroteno/100g. As perdas do ácido ascórbico e β -caroteno durante liofilização foram de 8.13% e 0.63%, respectivamente. Durante os primeiros seis meses de estocagem ocorreu uma maior redução destas substâncias, 2.83% e 39.44% para vitamina C e β -caroteno, respectivamente. Constatou-se um decréscimo de 0.53% para vitamina C e 13.68% para β -caroteno entre o 6º e o 12º mês, e de 0.20% e 8.54% entre o 12º e 18º mês de estocagem. A perda total durante os 18 meses foi, portanto, de 3.56% para vitamina C e 61.66% de β -caroteno. A avaliação sensorial, durante o armazenamento do suco liofilizado, revelou que as perdas de aroma e sabor foram pequenas, sendo o produto ainda considerado aceitável após 18 meses de estocagem.

2.3 - Carotenóides em Frutas Tropicais

Dos vários tipos de pigmentos naturais, os carotenóides são os mais comumente encontrados na natureza. São responsáveis por muitas das cores brilhantes do amarelo ao vermelho de frutas e flores. Também ocorrem em insetos, pássaros, peixes e outros animais.

Os carotenóides possuem estruturas alifáticas-alicíclicas, geralmente formadas por oito grupos de isopreno (5C) sendo que os dois grupos metil próximos ao centro da molécula estão na posição 1:6, e os outros grupos metil laterais estão na posição 1:5. Uma série de duplas ligações conjugadas compõem o sistema cromóforo (Bauernfeind, 1972).

Os carotenóides podem ser classificados de várias maneiras. Quimicamente podem ser divididos em: a) carotenos, contendo somente uma cadeia de carbono e hidrogênio e b) oxicarotenóides, que contêm oxigênio na molécula além de carbono e hidrogênio. Os oxicarotenóides podem ser divididos em epóxidos, furanóides, xantofilas (monoóis, dióis, polióis), metoxilas, cetonas, aldeídos, ésteres, etc.

Funcionalmente podem ser classificados em: a) pró-vitamina A ou precursores de vitamina A; b) precursores de vitamina A que também atuam como pigmento de tecido animal; c) pigmentos de tecido animal sem atividade de vitamina A e d) compostos que não têm função como pigmento e também não têm atividade de pró-vitamina A (Bauernfeind, 1972).

A biossíntese de carotenóides em plantas inicia-se a partir de acetatos (2C). Duas moléculas de acetil-COA condensam-se pa

ra formar a ceto-acetil-COA, o qual torna a condensar-se com outra molécula de acetil-COA produzindo β -hidroxi- β -metil-glutaril-COA que é reduzido e forma o ácido mevalônico. Este ácido, em presença de ATP é convertido em ácido mevalônico fosfato o qual é fosforilado novamente, formando o mevalônico pirofosfato. Este, em presença de ATP e etapas de descarboxilação e desidratação, forma uma unidade de isopreno de cinco carbonos, isopentil pirofosfato que a seguir, é isomerizado em dimetil alil pirofosfato. A seguir, o geranyl pirofosfato, uma unidade de 10 carbonos, é formado pela condensação de isopentil pirofosfato e dimetil alil pirofosfato. A condensação seqüencial de mais duas moléculas de isopentil pirofosfato resulta em uma unidade de 20 carbonos, o geranyl-geranyl-pirofosfato. A dimerização do geranyl-geranyl-pirofosfato forma o fitoeno que é a estrutura básica de 40 carbonos de carotenóides acíclicos.

A biossíntese de carotenóides em frutas se intensifica com o amadurecimento quando os cloroplastos são transformados em cromoplastos. Há geralmente um decréscimo de clorofila, um aumento dos carotenóides e transformação de carotenos para oxicarotenóides. O esquema da formação de alguns carotenóides por dessaturação seqüencial, ciclização e hidroxilação em frutas a partir de fitoeno está na Figura 1.

Em termos de conteúdo de carotenóides, as frutas podem ser divididas em oito grupos principais: a) frutas que produzem quantidades insignificantes de carotenóides; b) frutas que produzem principalmente carotenóides característicos dos cloroplastos (luteína, β -caroteno e violaxantina); c) frutas em que há predomínio da síntese de licopeno e seus precursores; d) frutas em que o

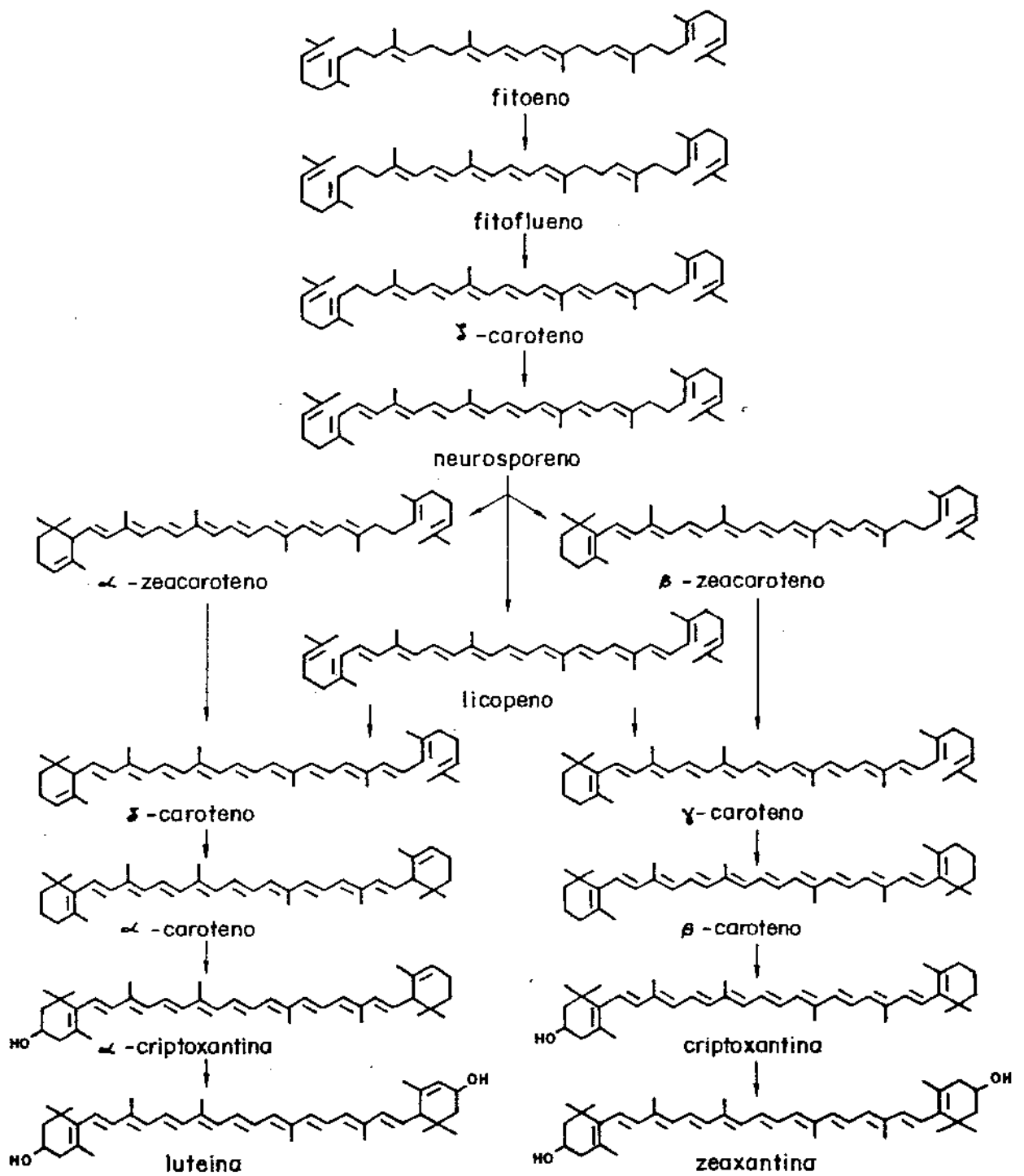


FIGURA 1: Biossíntese dos carotenóides em frutas durante o amadurecimento

β -caroteno e seus derivados são os pigmentos principais; 3) frutas que sintetizam grande quantidade de epóxidos; f) frutas que sintetizam pigmentos que são quase que exclusivamente específicos da espécie; g) frutas que sintetizam principalmente poli-cis-carotenóides e h) frutas que sintetizam principalmente apocarotenóides (Goodwin, 1975).

O β -caroteno foi identificado como sendo o principal pigmento da manga, representando 50-60% dos carotenóides totais (8,92 mg/100g-12,5 mg/100g) no estágio maduro, sendo ainda encontrado cis-violaxantina, luteoxantina, auroxantina, fitoeno e fitoflueno (John et al., 1970 e Jungalwala e Cama, 1963). Na fruta parcialmente madura (3.36 mg/100g) os pigmentos identificados foram β -caroteno (31,47%) e fitoflueno (39,26%). Epóxidos foram detectados nos estágios verde, parcialmente maduro e maduro.

Os principais carotenóides da polpa de banana que contém 06-10 μ /g de carotenóides totais, foram α -caroteno (31%), β -caroteno (28%) e luteína (33%) sendo que este último se apresentou na forma de monoéster, diéster e livre em partes iguais (Gross et al., 1976).

O β -caroteno foi o pigmento principal do caju, seguido por criptoxantina (Cecchi e Rodriguez-Amaya, 1981). Caju vermelho apresentou 3,1-3,6 μ g carotenóide total/g, sendo praticamente o dobro do total de carotenóides encontrados em caju amarelo. Os dois tipos de caju, porém, possuíam a mesma composição qualitativa.

Dos carotenóides totais de melão (2,02 mg/100g) 84,7% foi representado por β -caroteno. Curl (1966) detectou ainda ζ -caroteno (6.8%), fitoeno (1,5%), fitoflueno (2,4%), α -caroteno (1,2%),

luteína, zeaxantina, violaxantina, luteoxantina e aparentemente neoxantina em pequenas quantidades.

Em maracujá, houve predominância de ζ -caroteno (13,2ug/g), seguido do β -caroteno (6,2 ug/g) (Cecchi, 1978). Outros carotenóides encontrados foram β -caroteno, neurosporeno e em menor quantidade γ -caroteno e licopeno.

Criptoxantina é o principal pigmento de muitas frutas que apresentam a cor laranja, como a tangerina "Dancy" (*Citrus reticulata*), onde correspondeu a 40% dos carotenóides totais (Gross, 1982). Este pigmento apresentou teor de 20% na fruta verde e 40% durante o amadurecimento. Anteraxantina e violaxantina representaram 29.5 e 39.0%, respectivamente, dos carotenóides da fruta verde e durante maturação diminuíram para 15% e 7%. O teor de β -caroteno e o conteúdo total de carotenóides aumentaram de 0.01 a 0.6 $\mu\text{g/mL}$ e de 4.0 $\mu\text{g/mL}$ para 12 $\mu\text{g/mL}$, respectivamente, durante amadurecimento.

Curl (1960), encontrou que 38% do total de carotenóides do caqui foi a criptoxantina, seguida por zeaxantina (18%) e anteraxantina (10%). Foi constatado por Brossard e Mackiney (1963) que o teor de criptoxantina variou de 30 a 35% dependendo da variedade do caqui e que o licopeno foi encontrado na faixa de 0-30%.

Dezenove pigmentos foram identificados no mamão (Subbarayan e Cama, 1964). Do caratenóide total de 1,39 mg/g, criptoxantina correspondeu a 48%, criptoflavina e β -caroteno também estavam presentes em quantidades de 13% e 29.5%, respectivamente.

Na melancia que continha 24,6 mg/g de carotenóides foram isolados 21 pigmentos dos quais o licopeno e seus isômeros foram

os principais (73.7% e 7.6%, respectivamente) (Morgan, 1967). Em menores quantidades também foram detectados fitoeno (2.1%), fitoflueno (1.4%), β -caroteno (4.1%), ζ -caroteno (1.6%) e γ -caroteno (.04%).

Em laranjas das variedades Hamlin, Pineapple e Valencia os principais carotenóides presentes foram violaxantina e *cis*-antheraxantina, responsáveis pela cor amarela, e criptoxantina, responsável pela cor laranja (Stewart, 1977). Estavam ainda presentes fitoflueno e ζ -caroteno.

Dos vários pigmentos detectados na polpa de abacate, ocorreu predominância de luteína representando 25% dos carotenóides totais (10-14 $\mu\text{g/g}$ polpa fresca) (Gross, 1973).

2.4 - Funções Fisiológicas dos Carotenóides

A principal função fisiológica dos carotenóides mais comumente citada, é a sua atividade de vitamina A. Para servir de precursor de vitamina A um carotenóide deve ter ao menos um anel β -ionona não substituído ligado a uma cadeia poliênica. O β -caroteno, tendo dois anéis β -ionona não substituídos em ambos os lados de uma cadeia de ligações duplas conjugadas, possui a mais alta atividade. α e γ -caroteno possuem aproximadamente metade da atividade de β -caroteno uma vez que têm apenas um anel β -ionona não substituído. Carotenóides alifáticos como licopeno e ζ -caroteno não possuem nenhuma atividade. É óbvio, portanto, que para a determinação correta do valor de vitamina A, os carotenóides devem ser separados, identificados e o cálculo efetuado somente com carotenóides ativos com suas atividades pró-vitamínicas correspon-

centes. A Tabela 3 apresenta alguns exemplos de carotenóides e suas atividades.

Tradicionalmente, o valor de vitamina A é determinado pelo método da AOAC (1980), cujo cálculo é baseado na absorção dos carotenóides a 450 nm. Qualquer carotenóide que apresente absorção neste comprimento de onda, ativo ou não, será incluído no cálculo, superestimando assim, o valor desta vitamina, em vários alimentos. Por outro lado, carotenóides ativos como os apocarotenóides que absorvem abaixo de 450nm não vão ser computados. Vários trabalhos já mostraram a falha do método da AOAC (Gebhardt et al., 1977; Cecchi e Rodriguez-Amaya, 1981a,b); Ogunlesi e Lee, 1979).

Recentemente tem havido um considerável interesse em vitamina A e carotenos e sua possível associação com o processo de carcinogênese. Um número crescente de evidências epidemiológicas apontam a relação inversa entre o risco de câncer e o consumo de alimentos que contêm vitamina A (por exemplo, fígado) ou seus precursores (por exemplo, carotenóides em legumes amarelos ou verdes) (NRC-NAS, 1982). Com base nisso, a Academia Nacional de Ciência dos Estados Unidos recomendou o consumo de alimentos ricos em carotenos e vitamina A, mas não a suplementação com vitamina A devido à sua toxidez quando em altas quantidades. A maioria dos dados não demonstram se este efeito é devido aos próprios carotenóides, à vitamina A em si ou, ainda, outros constituintes destes alimentos. Demonstraram apenas que há uma associação inversa entre a estimativa de vitamina A ingerida e carcinoma no pulmão, laringe, esôfago, estômago, bexiga e outros órgãos.

Numa revisão de dados epidemiológicos sobre vitamina A e compostos relacionados, Peto et al. (1981), consideraram a possi-

TABELA 3: Atividade de vitamina A de alguns carotenóides.

Carotenóide	Atividade (%)
β -caroteno	100
α -caroteno	50 - 54
γ -caroteno	42 - 50
5',6'-monoepóxi β -caroteno	21
5,8,5',8'-diepóxi β -caroteno (aurocromo)	ativo
3-hidroxi β -caroteno (criptoxantina)	50 - 60
4-hidroxi- β -caroteno (isocriptoxantina)	48
licopeno	inativo
3,3'-dihidroxi β -caroteno (zeaxantina)	inativo
3,3'-dihidroxi β -caroteno (luteína)	inativo
β -apo-8'-carotenal	72
β -apo-10'-carotenal	ativo

Referência: Bauernfeind (1972).

bilidade de que o β -caroteno em si, e não o seu derivado vitamina A, possui a capacidade de inibir carcinogênese em células epiteliais. Matheus et al. (1977) observaram que β -caroteno, cantaxantina e fitoflueno exerceram um efeito protetor contra o desenvolvimento de tumores na pele de ratos, induzidos por irradiação ultravioleta. Desde que a cantaxantina e o fitoflueno não exibem atividade pró-vitamina A, o efeito protetor parece ser devido à estrutura do carotenóide em si.

2.5 - Degradação de carotenóides

Carotenóides são compostos extremamente susceptíveis às reações oxidativas, devido a seu alto grau de insaturação, e sua preservação durante o processamento é um desafio para os processadores de alimentos.

A estabilidade dos carotenóides varia largamente dependendo da temperatura, disponibilidade de oxigênio, exposição à luz, atividade de água, acidez e estrutura, embora o último efeito não seja bem estabelecido (Chichester e McFeeters, 1971).

Normalmente, os carotenóides apresentam-se na forma *trans* por ser a mais estável. Sob condições de pH baixo e temperatura alta, sofrem isomerização para a forma *cis*, que resulta em uma diminuição da cor e da atividade de pró-vitamina A. Gortner e Singleton (1961) demonstraram que a destruição da ultra estrutura de abacaxi ocorrida durante processamento foi capaz de liberar ácido da fruta, suficiente para causar um aumento dos isômeros *cis* dos carotenóides presentes e perda de cor. Ogunlesi e Lee (1979) por sua vez, encontraram durante processamento

térmico da cenoura um aumento substancial de *cis*-carotenóides (neo- β -caroteno B, neo- α -caroteno U, neo- β -caroteno B, e neo- β -caroteno U) e um decréscimo de 25-35% dos isômeros *trans* (*trans*- α -caroteno e *trans*-B-caroteno). Esta transformação refletiu em uma diminuição de 15% do valor de vitamina A em cenouras processadas.

Em alimentos preservados por secagem ou liofilização, a quantidade de água é crítica na estabilidade dos carotenóides (Goldblistl et al., 1963; Kimura e Shoda, 1963). O decréscimo de umidade tende a estabilizar os carotenóides até um valor limite, a partir do qual a estabilidade decresce rapidamente. Admite-se a hipótese de que quando um alimento desidratado possui um filme de água, este age como barreira para o oxigênio, aumentando assim a estabilidade dos pigmentos.

Livingston et al. (1968) relataram a diminuição de carotenos e xantofilas durante a desidratação de alfafa em escalas planta-piloto e industrial. Perdas de 0 a 33% dos carotenos foram observadas, dependendo das condições de desidratação. As perdas de xantofilas (28 a 73%) mostraram uma relação inversa com a umidade do produto final. Luteína foi a mais estável das três principais xantofilas presentes (luteína, neoxantina e violaxantina), sofrendo perdas de 21 a 74%. A diminuição de neoxantina foi muito variável (15% a 94%) enquanto que a violaxantina mostrou perdas consistentemente alta (65 a 87%).

A estabilidade dos carotenóides β -caroteno, apo-8'-carotenal e cantaxantina em sistemas modelos aquosos com celulose e amido equilibrados, em umidades relativas diferentes, foi estudada por Ramakrishna e Francis (1979). Indicaram que a água em si exerceu uma influência protetiva sobre os carotenóides e esse efeito

foi evidente em conteúdo de água acima e abaixo da monocamada. O grau de proteção variou com o conteúdo de água, a natureza do sistema e do tipo de carotenóide. Em geral, a cantaxantina foi a mais estável e o β -caroteno o menos estável. Nos sistemas estudados com celulose, a descoloração dos três carotenóides seguiu a uma cinética de primeira ordem. Um ambiente de 75% de umidade relativa ofereceu melhor proteção aos carotenóides. Os carotenóides em sistemas com amido, são relativamente mais estáveis, devido provavelmente ao efeito protetivo adicional do amido. Em termos comparativos, os carotenóides comportaram-se da mesma maneira que com a celulose. O efeito protetivo da água foi atribuído pelos autores à possível formação de pontes de hidrogênio entre água e hidroperóxidos, prevenindo assim a sua decomposição e continuação do processo de degradação.

Os mesmos autores (1980) indicaram a correlação entre polaridade e susceptibilidade à oxidação. Em cinco pigmentos que continham a estrutura básica com um ou dois anéis β -ionona (β -caroteno, apo-8'-carotenal, criptoxantina, cantaxantina e zeaxantina), a susceptibilidade à oxidação decrescia, com aumento da polaridade relativa. Tornou-se evidente, portanto, que um anel β -ionona não substituído, foi a estrutura mais susceptível à oxidação. O β -caroteno, com dois anéis β -ionona não substituído, oxidou-se mais rapidamente. A substituição na posição 3 pareceu conferir alguma estabilidade à molécula. No caso da criptoxantina, o ataque inicial deu-se sempre no anel livre. A zeaxantina, com os dois anéis substituídos ofereceu a maior resistência à auto-oxidação. Mesmo a substituição na posição 4,4' pareceu também conferir relativa estabilidade ao pigmento, como no caso da cantaxantina. Este

tipo de relação não se verificou em dois outros pigmentos, capsantina e capsorubina que possuem um ou dois anéis com cinco carbonos, diferentes do anel β -ionona. Estes pigmentos apesar de serem mais polares que a zeaxantina, foram mais facilmente oxidados. Isso foi explicado pela maior influência estabilizadora do anel β -ionona substituído na posição 3 em comparação ao anel de 5 carbonos.

Em muitos casos, a reação de oxidação parece que começa com o ataque inicial do oxigênio ao anel do pigmento. As posições 4,4' do anel, quando livres, são os sítios da reação inicial e a cinética da oxidação dos carotenóides hidrocarbonetos são compatíveis com o mecanismo de radical livre (El-Tinay, 1969; El-Tinay e Chichester, 1970). Os produtos da reação entre β -caroteno e oxigênio em tolueno a 60°C foram 5,6-monoepóxi- β -caroteno e seu isômero, 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno e seu isômero e 5,8,5',8'-diepóxi- β -caroteno. Com isso faz sentido a suposição de que a oxidação em um sistema conjugado ocorre nas ligações duplas terminais onde se localiza a mais alta densidade eletrônica, com progressiva diminuição da densidade eletrônica até a ligação dupla central.

Valadon e Mummery (1981) estudaram as mudanças na composição dos carotenóides durante a pasteurização (99°C por 30 minutos) e estocagem de purê e flavedo de laranja Valencia provenientes da Espanha e Turquia. Apesar da acidez e temperatura de processamento, somente dois carotenóides dos 14 ou mais carotenóides passaram para a forma *cis* violaxantina e flavoxantina. Uma parte da violaxantina, o carotenóide principal, já estava na forma *cis* antes do processamento (15-*cis*-violaxantina) e após processamento passou para *cis*-9-violaxantina (vileoxantina). Após 24 meses de

estocagem à temperatura ambiente e a 10°C, o total de carotenóides diminuiu de 1343 para 443 e 422 ug/g de amostra seca, respectivamente, para laranja espanhola, e de 482 para 195 e 108 ug/g de matéria seca, respectivamente, para laranja turca. Durante estocagem ocorreu aparecimento da luteína, que segundo os autores, deveu-se provavelmente à quebra do monoepóxido da luteína que estava presente no purê, logo após processamento e desapareceu completamente na estocagem. Outros 7 carotenóides (η e α -caroteno, diepóxido do β -caroteno, aurocromo, violaxantina, monoepóxido da luteína e crisantemaxantina) desapareceram durante a estocagem nas duas amostras indicando que eram os mais lábeis. No flavedo estocado por 24 meses a -24°C sem prévia pasteurização, praticamente não ocorreu diminuição do conteúdo total de carotenóides. Vários carotenóides diminuíram ou desapareceram como era de se esperar, mas o fitoflueno e ζ -caroteno aumentaram marcadamente.

Pelo fato do carotenóide licopeno ser o principal pigmento do tomate, a degradação deste, tem sido objeto de várias investigações. Cole e Kapur (1957a) estudaram a degradação do licopeno em solução (em hexano ou eter de petróleo) na presença de oxigênio e demonstraram a importância da temperatura no processo. Perdas de 15% e 25% foram observadas durante 3 horas a 65°C e 100°C, respectivamente. A presença de cobre favoreceu a oxidação do licopeno e as perdas aumentaram para 54% e 88.5%, respectivamente, na presença de 0.1 mg/100g de estearato de cobre. Licopeno sólido foi degradado em pequenos fragmentos e derivados de acetona, metilheptonona, aldeído levulínico e de um α -dicarbonila provavelmente glioxal, foram obtidos e identificado por cromatografia em papel como 2,4-dinitrofenilhidrazonas.

Cole e Kapur (1957b) também acompanharam a perda de cor em polpa de tomate em função da disponibilidade de oxigênio, temperatura e intensidade de iluminação. O fator mais importante na perda de cor foi claramente a disponibilidade de oxigênio, embora a elevação da temperatura e intensidade de luz aumentassem razoavelmente a descoloração.

Miers et al. (1958) estudaram fatores que afetaram a estabilidade durante a estocagem de tomate desidratado em "spray-dryer" e enlatados em atmosfera de N_2 , CO_2 e ar. Não se observou um aumento de licopeno durante a estocagem como foi relatado por Davies (1949) e Wong e Bohart (1957). Sendo o licopeno um pigmento que pode ser facilmente isomerizado, dependendo das condições de aquecimento ou presença de certos catalizadores, Miers et al. explicaram o aumento do licopeno em outros dois trabalhos em termos de re-isomerização. Durante o processamento houve passagem do *trans*-licopeno para isômeros *cis* os quais durante a estocagem poderiam ter sido novamente transformados em *trans*-licopeno, a forma mais estável. Com essa hipótese, Miers et al., assumiram a existência de algum fator que impediu a passagem do *cis*-licopeno para *trans* no seu estudo. Este fator poderia estar relacionado com a presença de sulfito no pó seco ou ao próprio processo de secagem.

Lovrić et al. (1970) investigaram também a isomerização *cis-trans* do licopeno e a estabilidade da cor em tomate desidratado do "foam-mat" durante a estocagem. Observaram melhor retenção de cor em amostras acondicionadas em atmosfera de N_2 e temperatura de estocagem de $-10^{\circ}C$. Nos embalados com ar e melhor temperatura foi de $20^{\circ}C$. Em algumas amostras foi colocado um agente dissecan-

te que retirou excessivamente a umidade do ambiente, favorecendo fortemente a perda de cor. Os autores afirmaram que a principal causa da descoloração foi a oxidação do licopeno. No entanto, um outro fenômeno, a isomerização *trans-cis* poderia ocorrer, contribuindo também para a perda de cor, a qual poderia ser restaurada por re-isomerização *cis-trans*. O aumento de cor lipossolúvel e licopeno total após aproximadamente 200 dias de estocagem, foi oferecido como evidência para a existência de re-isomerização *cis-trans* que já havia sido provavelmente suposta por Miers et al. (1958).

Juntando os resultados de Wong e Bohart (1957), Miers et al. (1958), Lovrić et al. (1979), Bosković (1979) apresentou um esquema dos prováveis caminhos na degradação do licopeno (Figura 2). A isomerização térmica *trans-cis* do licopeno ocorre durante cozimento, aquecimento e desidratação de alimentos. Durante a estocagem, o *cis*-licopeno poderia ser autoxidado irreversivelmente (2º Estágio) ou re-isomerizado para a forma *trans* (1º Estágio). Estas duas reações são competitivas, mas cineticamente a reversão é mais lenta que a autooxidação. A passagem de mono-*cis*-licopeno para poli-*cis*-licopeno ou a passagem direta de *trans*-licopeno para poli-*cis*-licopeno foi incluída embora não tenha sido comprovada. A autooxidação que é irreversível, apresenta como possíveis intermediários, derivados oxigenados com grupos hidroxilas e carbonilas, que são subsequentemente quebrados em fragmentos de baixo peso molecular, resultando assim em descoloração e desenvolvimento de odores estranhos.

Ben-Aziz et al. (1973) identificaram uma série de epóxidos e apocarotenóides em tomate (1,2-epóxi-1,2-deidro- $\psi\psi$ -caroteno;

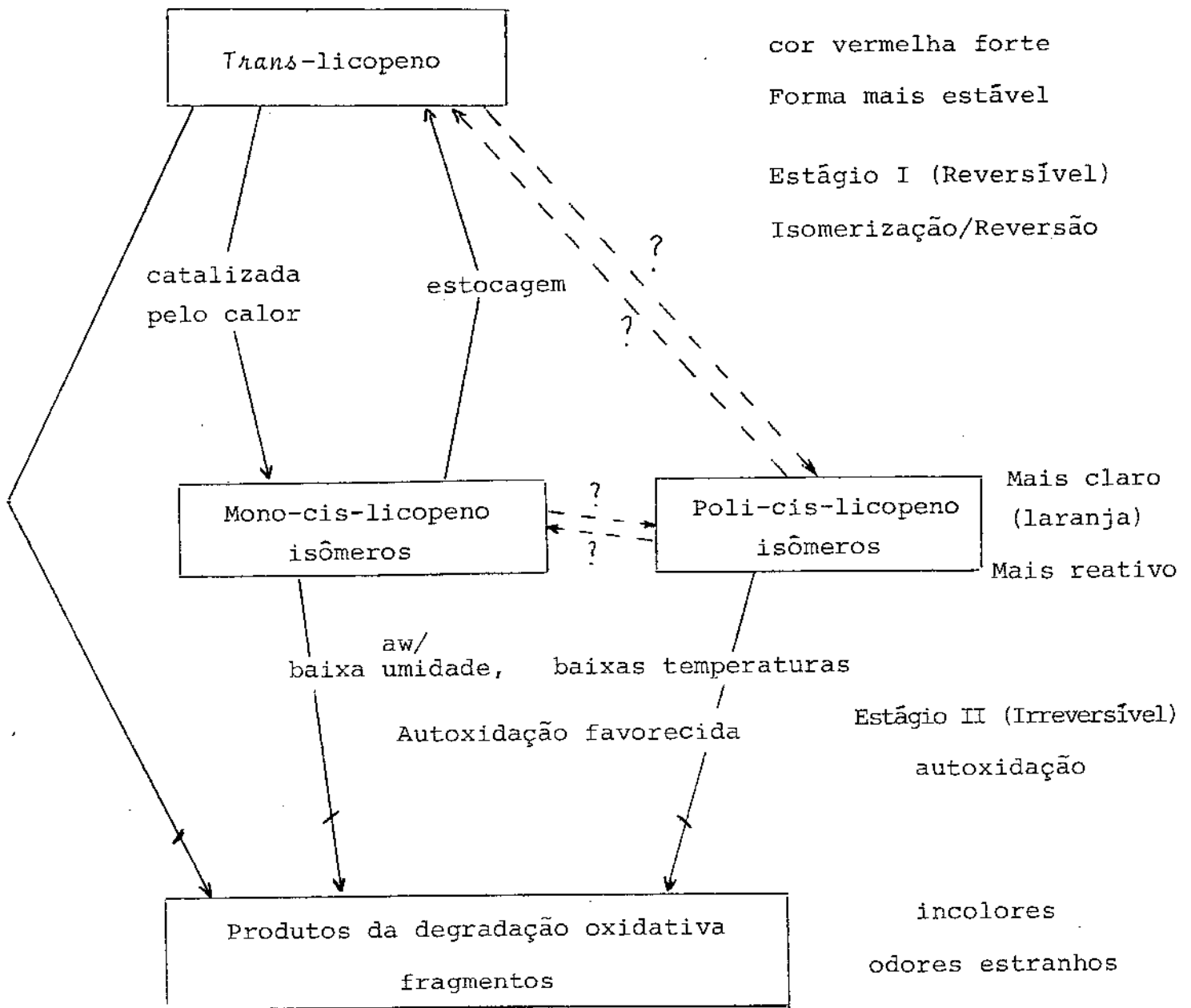


FIGURA 2: Degradação do licopeno proposta por Boskovič (1979).
 Linhas tracejadas (----) e cortadas (—/—) indicam caminhos não comprovados.

5,6-epóxi-5,6-deidro- $\psi\psi$ -caroteno; 5,8-epóxi-5,8-deidro- $\beta\beta$ -caroteno; 1,2-epóxi-1,2,7,8,11,12,7',8',11',12'-decaidro- $\psi\psi$ -caroteno ; 1,2-epóxi-1,2,7,8,7',8',11',12'-octaidro- $\psi\psi$ -caroteno e 1,2-epóxi-1,2,7,8,11,12,7',8'-octaidro- $\psi\psi$ -caroteno; 1,2-epóxi-1,2,7,8,7',8'-hexaidro- $\psi\psi$ -caroteno, 6-apo- ψ -caroteno-6'-al, 8'-apo- ψ -caroteno-8'-al e $\psi\psi$ -caroteno-16-ol). Os autores levantaram a possibilidade de que estes sejam os primeiros produtos da degradação oxidativa dos carotenos em tecidos senescentes, uma vez que estudos preliminares indicaram um conteúdo maior em tomates que já passavam do estado maduro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Material

Goiabas da Cultivar IAC-4 foram obtidas de uma plantação comercial em Monte Alto, São Paulo e imediatamente transportadas para Campinas. Foram realizadas duas coletas de 80 e 50kg, respectivamente, em 1981 e 1982. As goiabas da Cultivar IAC-4 apresentavam casca áspera de cor verde amarelada, polpa rosada, diâmetro médio e peso médio de 5,3 cm e 88,0g, respectivamente (anexo p.104).

Goiabas provenientes de Recife e Fortaleza foram obtidas de feiras livres em diferentes épocas (1980/1981) e enviadas por via aérea para Campinas, sendo analisadas no mesmo dia de chegada. As goiabas, que também apresentavam polpa rosada eram menores que as IAC-4. As goiabas de Recife tinha forma arredondada e casca amarelada e áspera. As goiabas provenientes de Fortaleza foram de duas formas: forma redonda com casca áspera e amarela e forma de pera com casca áspera e de cor verde.

Para a determinação de carotenóides e outras análises químicas, foram utilizados lotes de seis frutas cada. As frutas foram divididas em quatro no sentido longitudinal e partes opostas foram retiradas, trituradas e peneiradas para remoção das sementes. Da polpa homogênea, foram tomadas amostras de 100g para a determinação de carotenóides e o restante usado para outras análises.

Sucos comerciais processados no Nordeste, marcas A e B, foram adquiridos ao acaso em vários supermercados. Os sucos foram homogeneizados e 100g foram destinadas para determinação de carotenóides sendo o restante empregado para outras análises químicas.

Para a cromatografia de compostos voláteis, foram usados também lotes de seis frutas e o preparo da amostra foi realizado da mesma maneira descrita para carotenóides. Para cada determinação foram utilizadas 100g de polpa homogênea com 30% NaCl P.A.

3.2 - Métodos Gerais - Composição Química

3.2.1 - Determinação de sólidos solúveis (°Brix)

O °Brix foi obtido através de leitura no refratômetro Abbé Zeiss, modelo A, utilizando-se a tabela de correção de temperatura para 20°C segundo método da AOAC nº 22.024.

3.2.2 - Determinação de pH e acidez total

O pH foi medido pelo potenciômetro marca Beckmann, modelo Expandomatic SS2. A acidez foi determinada segundo o método AOAC nº 22.061.

3.2.3 - Determinação de açúcares redutores e totais

Foi utilizado o método volumétrico de Lane-Eynon segundo AOAC nº 31.050. Os resultados foram expressos em % de glicose para açúcares redutores e totais.

3.2.4 - Determinação de ácido ascórbico

Foi utilizado o método microfluorimétrico segundo a AOAC nº 43.061. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de amostra.

3.2.5 - Determinação do teor de umidade

O teor de umidade foi determinado empregando-se uma estufa a vácuo a 75°C até peso constante.

3.3 - Determinação de Carotenóides

Todas as operações a partir da extração, foram feitas com luzes apagadas tomando-se o cuidado de proteger os pigmentos da incidência de luz difusa com auxílio de papel alumínio. O método para determinação dos carotenóides foi baseado no procedimento descrito por Rodriguez et al. (1976).

3.3.1 - Extração

A extração foi realizada triturando-se a amostra em um liquidificador com acetona resfriada seguida por filtração em um funil de Büchner a vácuo. Esta operação foi repetida até que o resíduo tornasse incolor. A seguir, os pigmentos dissolvidos em acetona foram transferidos para éter de petróleo da seguinte maneira: éter de petróleo (aproximadamente 100 ml) foi colocado num funil de separação e a solução pigmento-acetona foi adicionada em pequenas porções, acrescentando-se água destilada após cada adição e descartando-se a camada inferior de acetona e água após a separação das duas fases. Quando todos os pigmentos se encontraram no éter de petróleo, mais cinco lavagens com água foram efetuadas para assegurar a retirada completa da acetona.

3.3.2 - Saponificação

Os pigmentos foram saponificados através da adição de uma solução de 10% de KOH em metanol com volume igual ao éter de petróleo. Esta solução foi deixada em repouso por 12 horas ou uma noite à temperatura ambiente. Após a saponificação, a solução de pigmentos foi submetida à lavagem com água destilada em um funil de separação até a eliminação total da base. A seguir, foi adicionado sulfato de sódio anidro para retirar a água residual na amostra.

3.3.3 - Cromatografia em coluna

A solução de pigmentos foi concentrada em um roto-evaporador marca Büchner até o menor volume possível. A separação dos pigmentos foi efetuada em uma coluna de vidro de 2.0cm de diâmetro e empacotada com "Hyflosupercel": MgO (2:1) até uma altura de 15.0 cm. No topo da coluna foi colocada uma pequena quantidade de sulfato de sódio anidro para reter a água que ainda estivesse presente na amostra. A coluna foi desenvolvida por um gradiente de éter etílico e acetona em éter de petróleo: 2 e 5% de éter etílico e 1, 2, 5, 8 e 10% de acetona. Carotenóides mais polares foram eluídos por acetona e metanol puros. Como licopeno sobrecarregava a coluna, todas as frações, com exceção da primeira, foram recromatografadas em colunas (diâmetros de 1,0 e 2,0 cm) de óxido de alumínio (atividade II - III). A eluição foi realizada com 1, 2 e 5% de éter etílico e 1, 2, 5, 8 e 10% de acetona em éter de petróleo. Na figura 3 tem-se a separação dos carotenóides da fruta Cultivar IAC-4 e na Figura 4 a separação dos carotenóides de sucos processados.

FIGURA 3: Separação de carotenóides de
goiaba Cultivar IAC-4.

FASE ESTACIONÁRIA: 'Hyflasupercel': MgO (2:1)
SOLVENTE: GRADIENTE DE ÉTER ETÍLICO E
ACETONA EM ÉTER DE PETRÓLEO

FASE ESTACIONÁRIA: ÓXIDO DE ALUMÍNIO
SOLVENTE: GRADIENTE DE ÉTER ETÍLICO E
ACETONA EM ÉTER DE PETRÓLEO

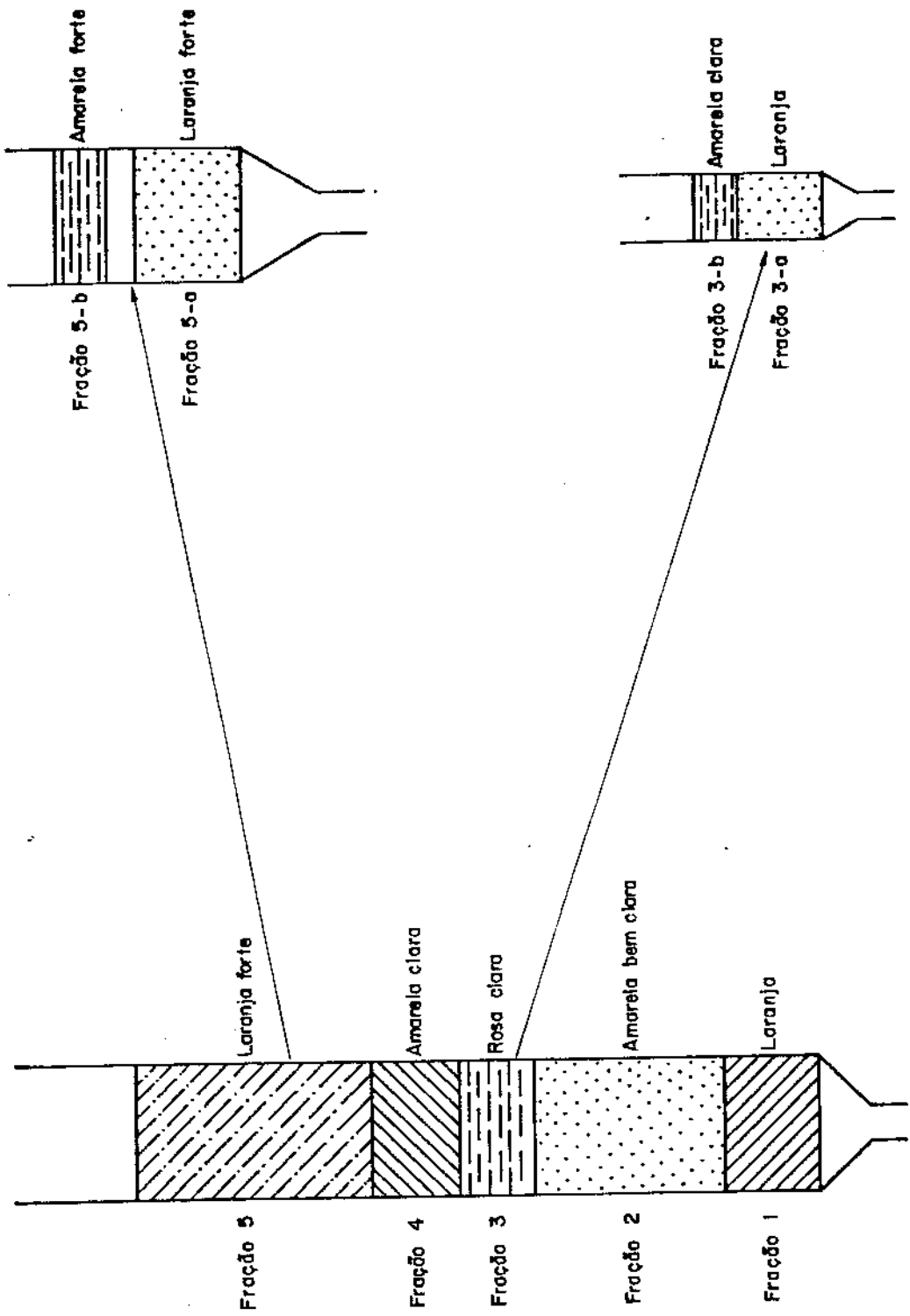
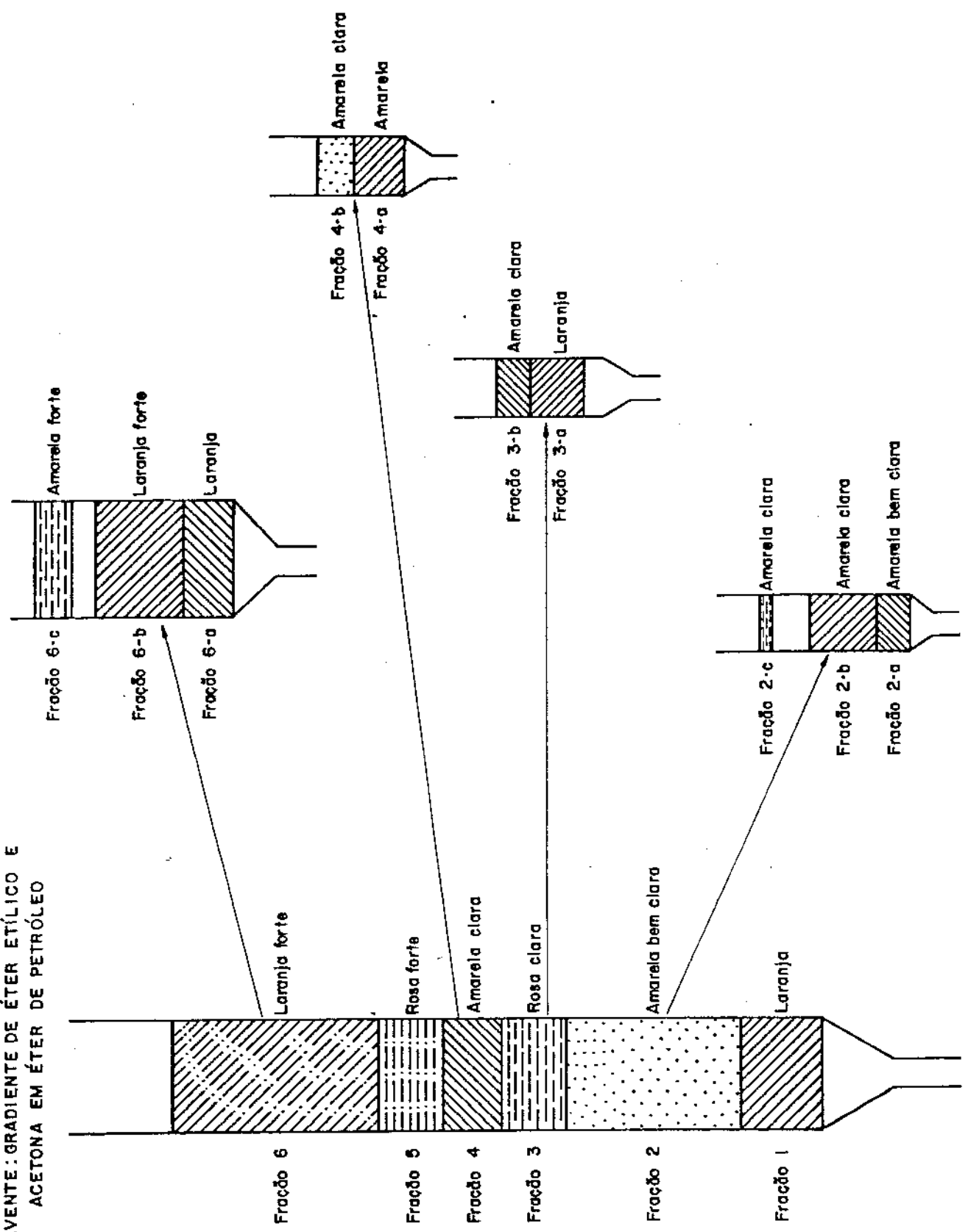


FIGURA 4: Separação de carotenóides de
suco de goiaba

FASE ESTACIONÁRIA: ÓXIDO DE ALUMÍNIO
 SOLVENTE: GRADIENTE DE ÉTER ETÍLICO E
 ACETONA EM ÉTER DE PETRÓLEO

FASE ESTACIONÁRIA: Hyflosupercal; MgO (2:1)
 SOLVENTE: GRADIENTE DE ÉTER ETÍLICO E
 ACETONA EM ÉTER DE PETRÓLEO



3.3.4 - Identificação

Os carotenóides foram identificados pela avaliação dos seguintes parâmetros: 1) de ordem de eluição das frações na coluna, 2) espectros de absorção visível, 3) valores de R_F na camada delgada de sílica gel e 4) reações químicas específicas. Foram registrados espectros de absorção para as frações de carotenóides na faixa de comprimento de onda de 350-550 nm em um espectrofotômetro Perkin-Elmer, feixe duplo, modelo 356 acoplado com registrador.

Os carotenóides isolados, após concentração, foram submetidos à cromatografia em camada delgada em placas de sílica-gel com 0,25 mm de espessura, previamente ativadas, a 110°C por 2 horas, e utilizando 3% de metanol em benzeno como fase móvel. Nessas condições os carotenos eluíram juntos com a frente do solvente, enquanto que os oxicarotenóides foram retidos em maior ou menor grau, dependendo dos grupos funcionais existentes.

A identidade e posição dos substituintes foram confirmadas através de reações químicas. Para se verificar a existência de epóxidos na amostra preliminarmente, a placa de sílica após desenvolvimento, foi exposta a vapores de HCl. A presença de epóxidos evidenciou-se pela mudança de coloração das manchas de amarela ou laranja para azul ou verde. A presença de um ou dois grupos de 5,6-epóxido detectou-se pela diminuição de comprimento de onda de 20 e 40 nm, respectivamente, após adição de HCl 0.1 N à uma solução alcoólica do pigmento, devido à transformação do 5,6-epóxido em 5,8-epóxido. Para verificar a forma *cis* ou *trans*, foi realizada a fotoisomerização com iodo como catalizador, adicionando-se algumas

gotas de uma solução etérea ao pigmento em éter de petróleo. O espectro registrado após cinco minutos de exposição à luz demonstrou, no caso de carotenóide originalmente *trans*, um deslocamento para comprimentos de onda mais baixos devido a isomerização para a forma *cis*. O contrário ocorreu com *cis*-carotenóides.

Confirmou-se a presença de hidroxilas secundárias por acetilação. Esta técnica consistiu em juntar anidrido acético (0,2 mL) ao pigmento em piridina (2,0 mL) e deixar a reação desenvolver-se por 21 horas, no escuro, à temperatura ambiente. A seguir, o pigmento foi transferido para éter de petróleo e realizou-se novamente cromatografia em camada delgada. A reação foi positiva quando o valor de R_F aumentou em relação ao valor obtido antes de efetuar a reação.

A presença de hidroxila alílica em posição isolada ou conjugada, foi confirmada por metilação. Efetuou-se esta reação por adição de algumas gotas de HCl 2N ao pigmento dissolvido em metanol. Após repouso de 3 horas no escuro à temperatura ambiente, a fração foi novamente transferida para éter de petróleo e recromatografada em camada delgada. Reação positiva caracterizou-se por um aumento no valor de R_F .

A presença de grupos carbonilas conjugadas já evidenciado no espectro de absorção por um único pico alargado foi confirmado por redução com boroidreto de sódio. Para efetuar esta reação, alguns cristais de NaBH_4 foram adicionados ao pigmento dissolvido em etanol 95% deixando-se em repouso por três horas no refrigerador. Se a reação fosse positiva, o único máximo de absorção se transformaria em três máximos, refletindo a conversão de um cetocarotenóide em xantofila (hidroxi-carotenóide).

3.3.5 - Determinação quantitativa

A quantificação de cada pigmento foi feita a partir da absorbância máxima, usando-se a Lei de Beer. Os valores de absor_utividade foram obtidos da tabela apresentada por Davies (1975).

Para o *cis*-licopeno utilizou-se a absor_utividade do *trans*-licopeno e para 5,8-epóxi-zeinoxantina, a absor_utividade da zeinoxantina. Os resultados finais foram expressos em µg de carotenóide por g de amostra.

3.3.6 - Cálculo de valor de vitamina A

O valor de vitamina A foi obtido a partir da atividade pró-vitamínica A de cada carotenóide, tabelado por Bauernfeind (1972). No caso da goiaba somente β-caroteno e γ-caroteno possuem esta atividade. Como a quantidade de γ-caroteno foi desprezível, o cálculo baseou-se somente no teor de β-caroteno, sendo que 0.6µg de β-caroteno correspondem a 1 UI (NAS-NRC, 1980).

3.4 - Obtenção do Perfil de Componentes Voláteis

3.4.1 - Captura dos voláteis

Para captura dos voláteis foi utilizado o método desenvolvido por Franco e Rodriguez-Amaya (1983).

O método envolveu inicialmente aprisionar os voláteis das frutas à temperatura ambiente em uma armadilha de Porapak Q, através de sucção. A armadilha consistiu-se de um tubo de vidro de bo_urossilicato de 4,0 mm de diâmetro e 14 cm de comprimento, dos quais

apenas 4,0 cm foram empacotados, com Porapak Q. (80-100 Mesh, Waters Associations Inc.).

Utilizou-se um sistema constituído de um balão de fundo redondo, onde foi colocado a amostra, a qual foi agitada magneticamente. Conectou-se o balão à armadilha e ao sistema de sucção (vácuo de 0,64 psi), utilizando conexões de vidro e tubos de teflon para evitar adsorção dos voláteis. Após 1 hora de captura efetuou-se a desorção dos voláteis através de eluição com éter etílico (alto grau de pureza), recolhendo-os em tubo de ensaio resfriado a 0°C.

Imediatamente 4 µL da solução de voláteis foram injetados em um cromatógrafo a gás.

3.4.2 - Cromatografia a gás

Foi usado um cromatógrafo a gás, marca Perkin-Elmer modelo 990 com detector de ionização de chama. O cromatógrafo foi adaptado com um "splitter" e foi utilizada uma coluna capilar (WCOT) de aço inoxidável de alta resolução de 500 pés de comprimento e 0.02 polegadas de diâmetro interno. Como fase estacionária empregou-se Carbowax 20M. A temperatura da coluna foi mantida a 60°C nos primeiros 57 minutos de análise e subsequentemente, programada com aumento de 1°C/min. até a temperatura final de 110°C onde permaneceu até o final da análise. Os fluxos foram: N₂, 8 mL/min, ar, 300 mL/min, H₂, 30 mL/min. Utilizou-se temperatura de 200°C para detector e injetor. A atenuação usada foi de 1 x 8 e a velocidade do registrador foi de 0.6 cm/min.

3.5 - Processamento Térmico do Suco

As goiabas da Cultivar IAC-4, após a chegada a Campinas foram estocadas em uma câmara a 10°C durante uma noite e processadas no dia seguinte. O fluxograma do processamento está apresentado na Figura 5.

As frutas foram lavadas em água clorada, selecionadas e as extremidades retiradas manualmente. O branqueamento foi realizado em um branqueador de bandeja com injeção direta de vapor, durante cinco minutos. As frutas ainda quentes foram desintegradas em um desintegrador marca Rietz, com peneira de 1/2 polegada.

Para remover sementes, restos de casca e fibra, foi empregado um despulpador com peneira de 0,060 polegadas e o refinamento feito no mesmo despulpador com peneira de 0,030 polegadas. A formulação foi obtida com ajuste de ϕ Brix 7,0 e pH 3,7 adicionando-se água e ácido cítrico, respectivamente. A seguir o suco foi aquecido em um tacho aberto, com camisa de vapor a 87°C e engarrafado em recipientes de 500 mL. As garrafas foram fechadas e imediatamente invertidas.

A pasteurização foi realizada colocando-se as garrafas em água em ebulição durante 30 minutos, um período maior do que o usual, 12 a 15 minutos para este tipo de produto. A seguir, as garrafas foram rapidamente resfriadas a 37°C.

3.6 - Estocagem

As garrafas de suco foram estocadas à temperatura ambiente, expostas à luz indireta do sol e luz fluorescente, simulando

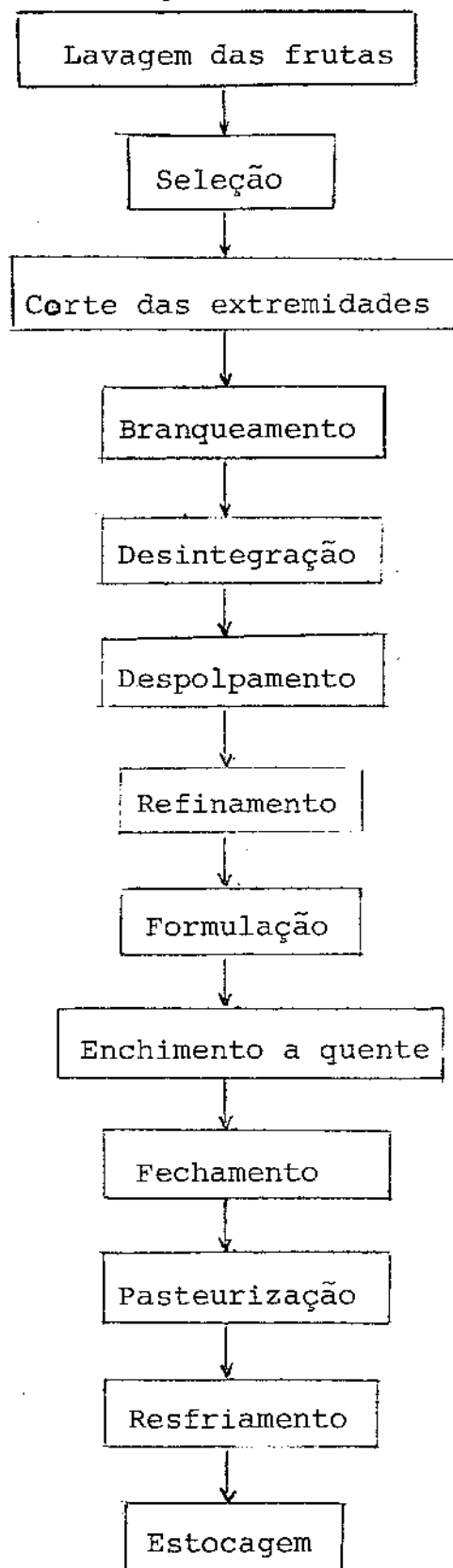


FIGURA 5: Fluxograma do processamento de suco de goiaba

condições encontradas nos supermercados.

3.7 - Avaliação Sensorial

A avaliação sensorial do suco de goiaba, Cultivar IAC-4 e sucos comerciais marcas A e B foi feita comparando-se odor, gosto, cor e preferência. Foi realizada com uma equipe de oito provadores treinados, usando uma escala de 9 pontos não estruturada.

Os provadores deviam marcar linhas horizontais com linhas verticais para indicar a nota relativa para cada termo (ficha em anexo, p.105). A nota 9 significava odor característico, gosto muito bom, cor característica e preferência equivalente à "gostei muitíssimo". A nota 1 significava odor não-característico, gosto muito ruim, cor não-características e preferência equivalente à "desgostei muitíssimo".

As amostras foram comparadas em duas diluições 1:2 e 1:4 (suco: água), com adição de 4% de açúcar. Os sucos foram servidos à temperatura ambiente em bêqueres codificados e os provadores, instalados em cabines individuais, providas de luz vermelha para mascarar as diferenças de cor.

A análise estatística foi feita usando-se Blocos Incompletos tipo 5, onde $T=5$, $k=3$, $r=6$, $b=10$, $\lambda=3$ e $E=0.83$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Carotenóides e Propriedades da Goiaba Cultivar IAC-4

Foram detectados sete carotenóides na goiaba Cultivar IAC-4, as características dos quais estão apresentados na Tabela 4 e as estruturas na Figura 6.

As frações 1, 2, 3a e 5a (Figura 3) foram identificadas pelos seus espectros de absorção característicos (Figuras 7, 8, 9 e 10) como β -caroteno, ζ -caroteno, γ -caroteno e licopeno, respectivamente. Estes pigmentos correram junto com a frente de solvente na camada delgada de sílica gel, desenvolvida por 3% de metanol em benzeno, confirmando ausência de grupos funcionais.

O 4º pigmento a eluir na coluna apresentava espectro de absorção semelhante ao do α -caroteno (Figura 11) e R_F de 0,60 na camada delgada, indicando a presença de um grupo substituinte, provavelmente uma hidroxila. A acetilação por anidrido acético foi positiva, confirmando a presença do grupo hidroxila, que pela resposta negativa a metilação não se encontrava na posição alílica. O pigmento foi identificado, portanto, como zeinoxantina.

A fração 3b foi identificada como um epóxido. Este eluiu da coluna de óxido de alumínio após o γ -caroteno e apresentava espectro de absorção com forma semelhante ao do β -caroteno mas com máximos aproximadamente 5 nm mais baixos (Figura 12). Na camada delgada, houve mudança da coloração de amarelo para azul após exposição a vapores de HCl concentrado, indicando a presença de grupos epóxidos. Com a adição de algumas gotas de HCl 0,1N ao pigmento em etanol 95%, os comprimentos de onda foram deslocados hipso-cromicamente de 40 nm (Figura 12), confirmando a presença de dois

TABELA 4: Propriedades dos carotenóides em goiaba Cultivar IAC-4

Fração	Identificação	Absorção em éter de petróleo	Valores de R _F Camada delgada sílica gel	Reações Químicas
1	β-caroteno	(427)', 450, 477	0.92	
2	ζ-caroteno	378, 399, 424	0.90	
3a	γ-caroteno	434, 458, 487	0.92	Teste Trans +
3b	5,6,5',6'-diepóxi β-caroteno	420, 442, 470	0,93	Teste epóxido +
4	zeinoxantina	423, 446, 476	0.60	Acetilação + Metilação +
5a	licopeno	444, 470, 502	0.93	Teste trans +
5b	5,8-epóxi 3,3',4-trihidroxí- β-caroteno	(410)', 432, 459	0.0	Acetilação + Metilação +

1. O parêntese significa uma inflexão no lugar de um pico.

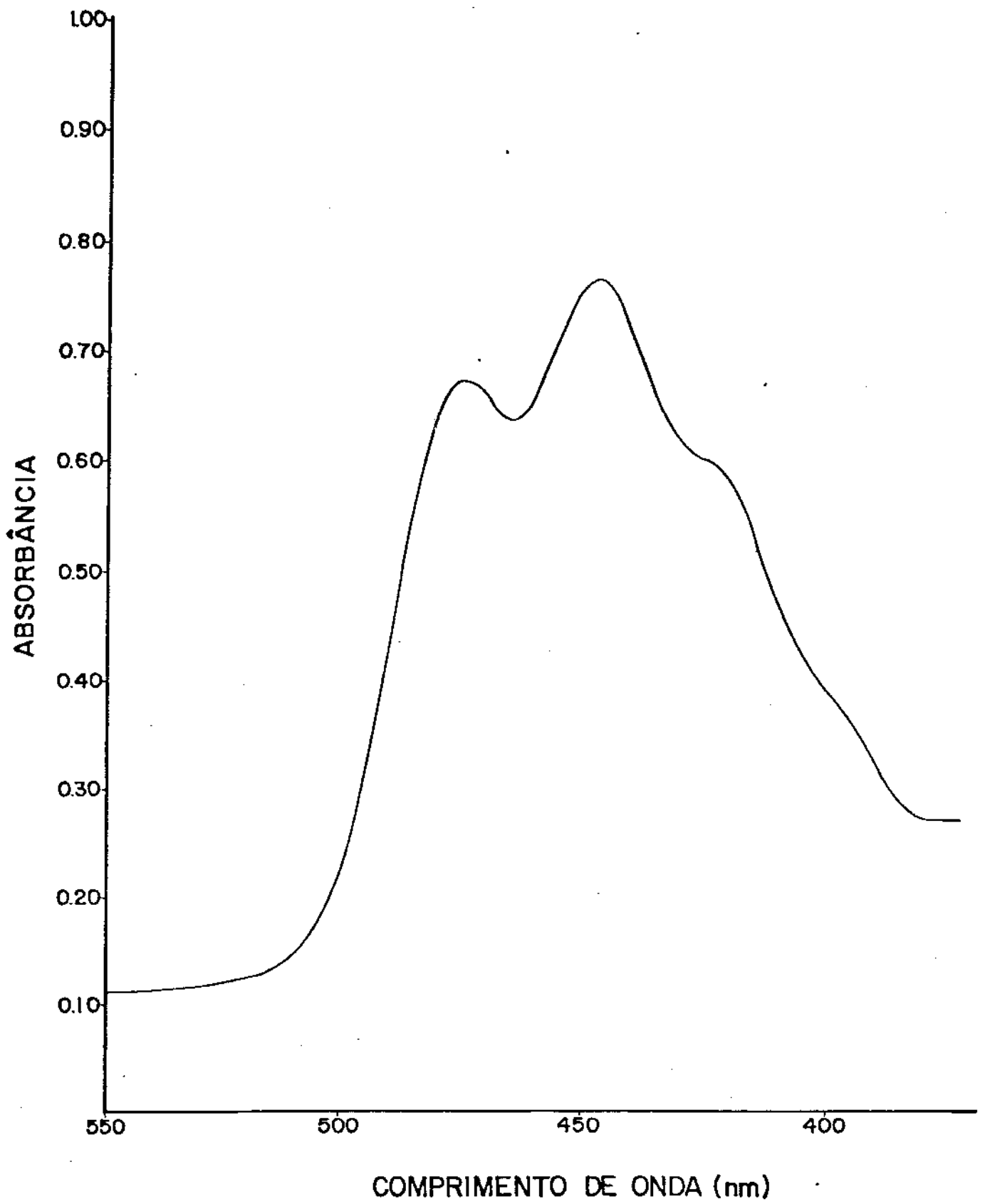


FIGURA 7: Espectro de absorção da fração 1 (β -caroteno) em éter de petróleo.

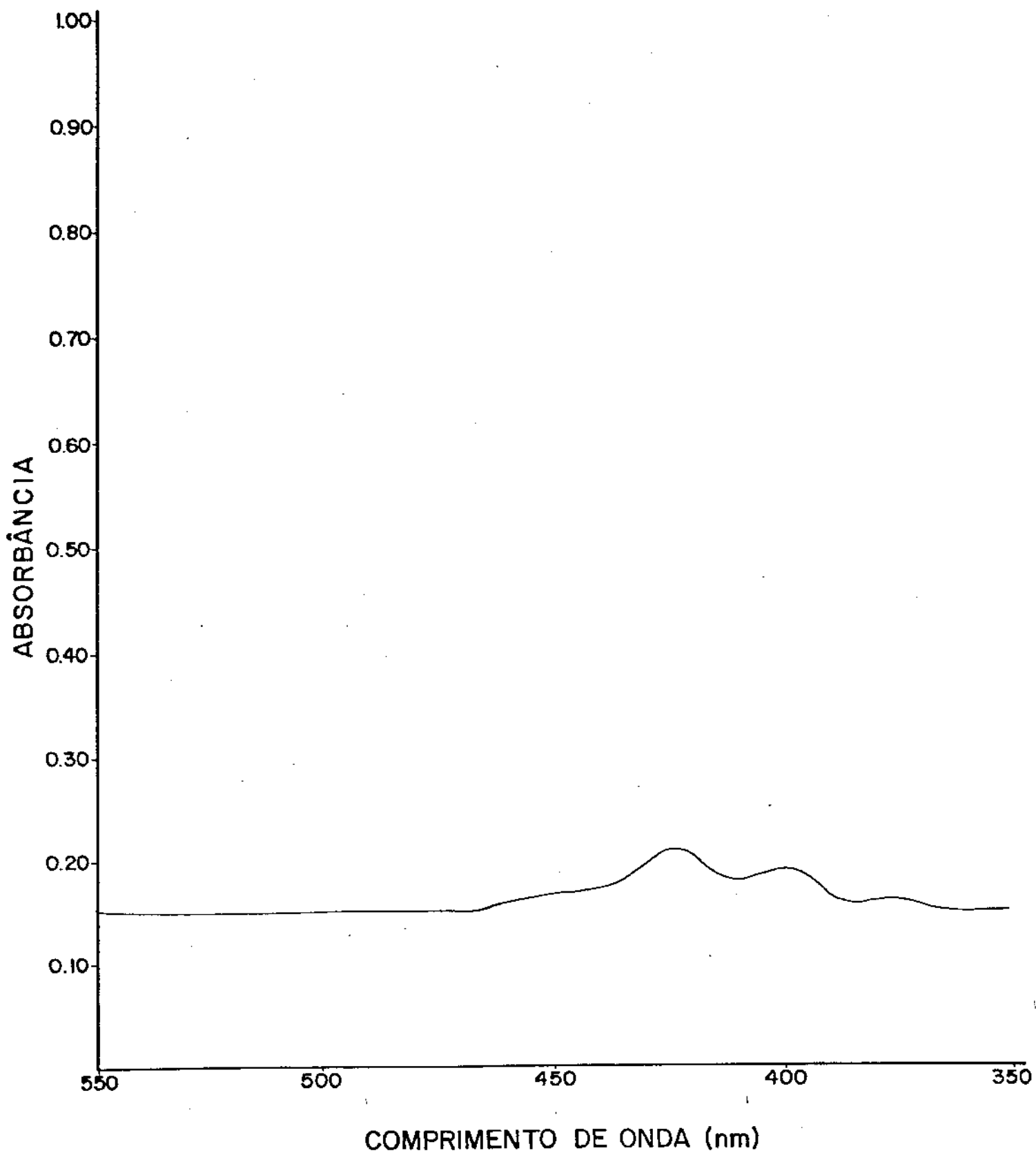


FIGURA 8: Espectro de absorção da fração 2
(z-caroteno) em éter de petróleo.

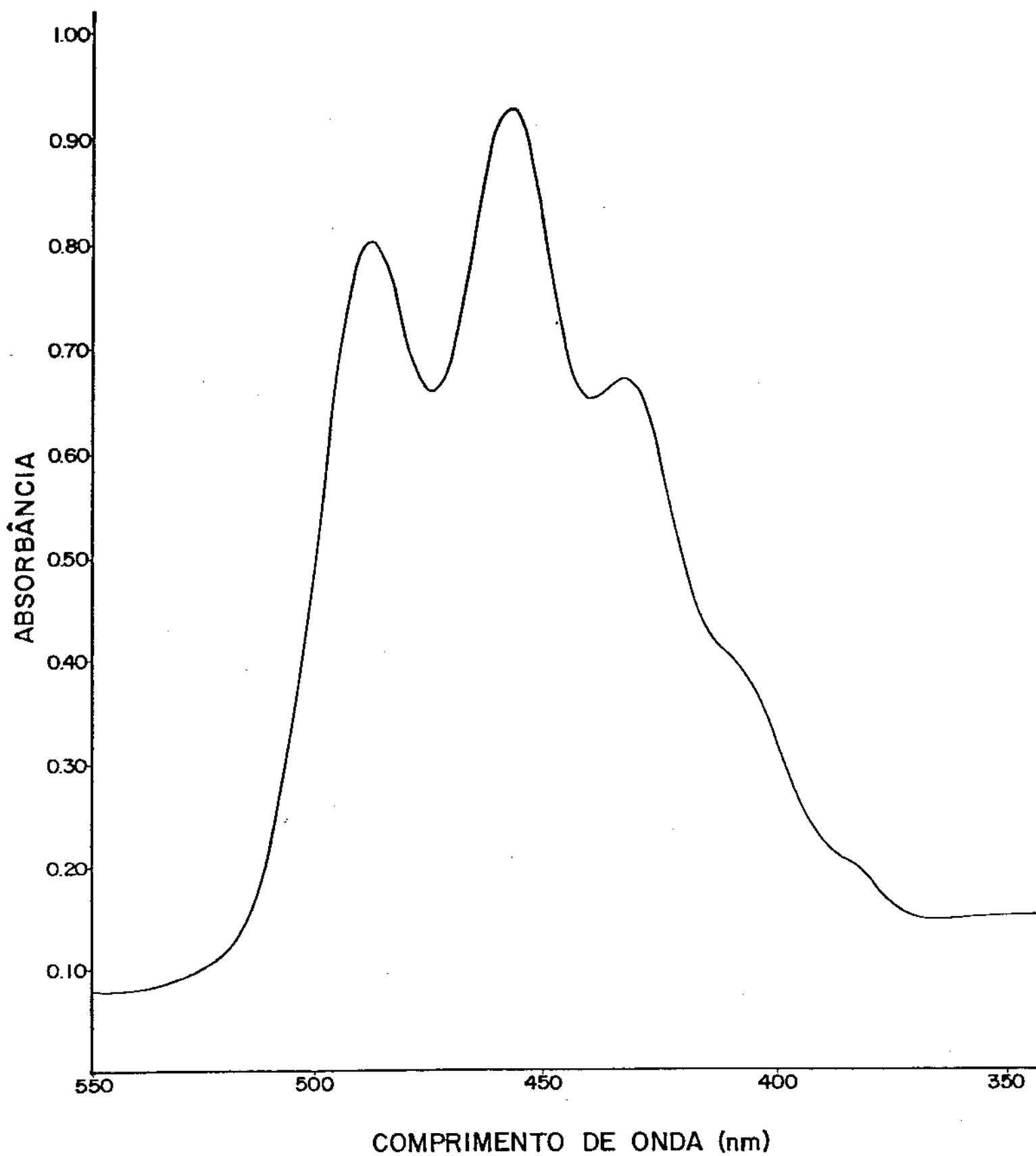


FIGURA 9: Espectro de absorção da fração 3a (γ-caroteno) em éter de petróleo.

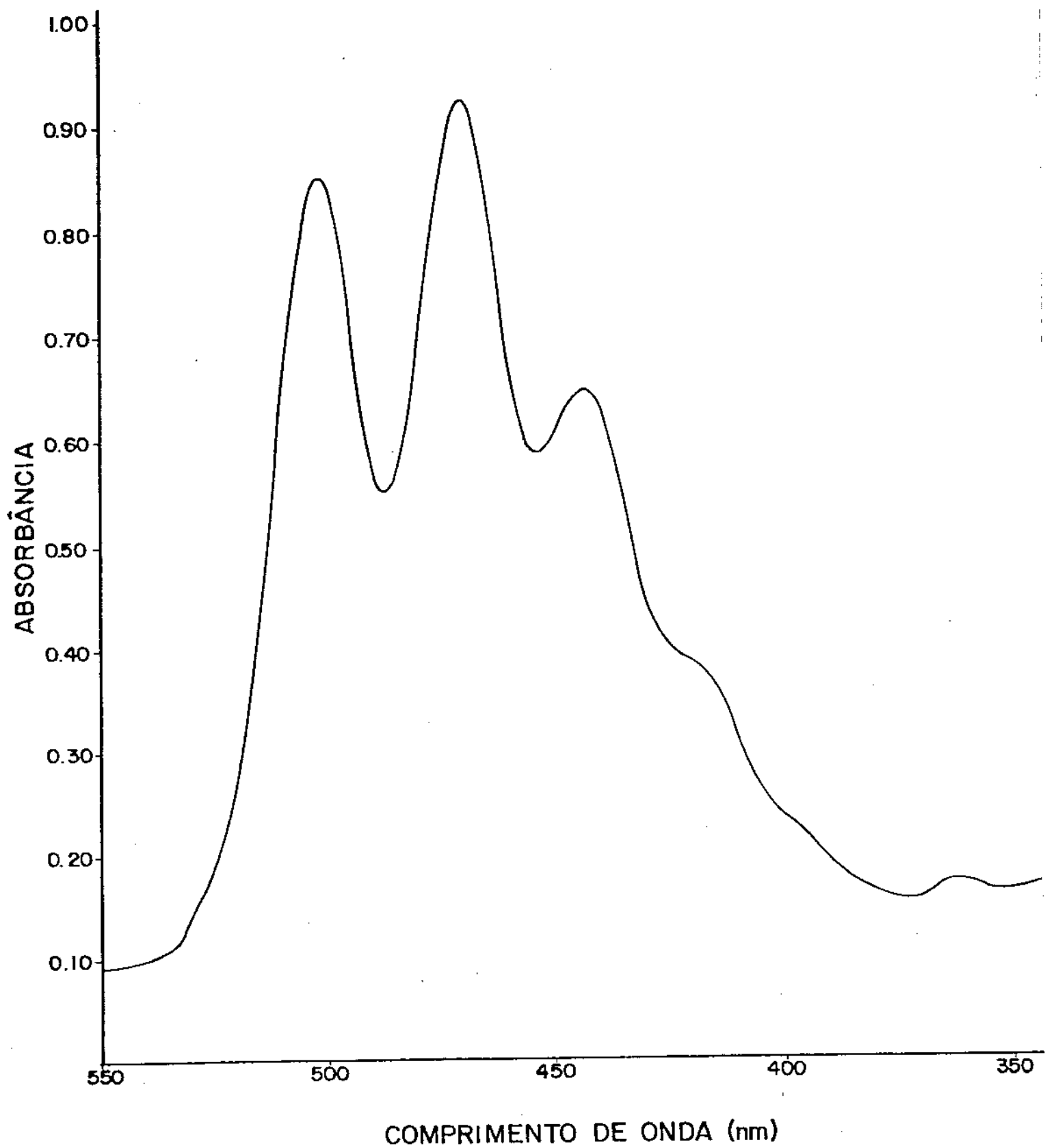


FIGURA 10: Espectro de absorção da fração 5a
(licopeno) em éter de petróleo.

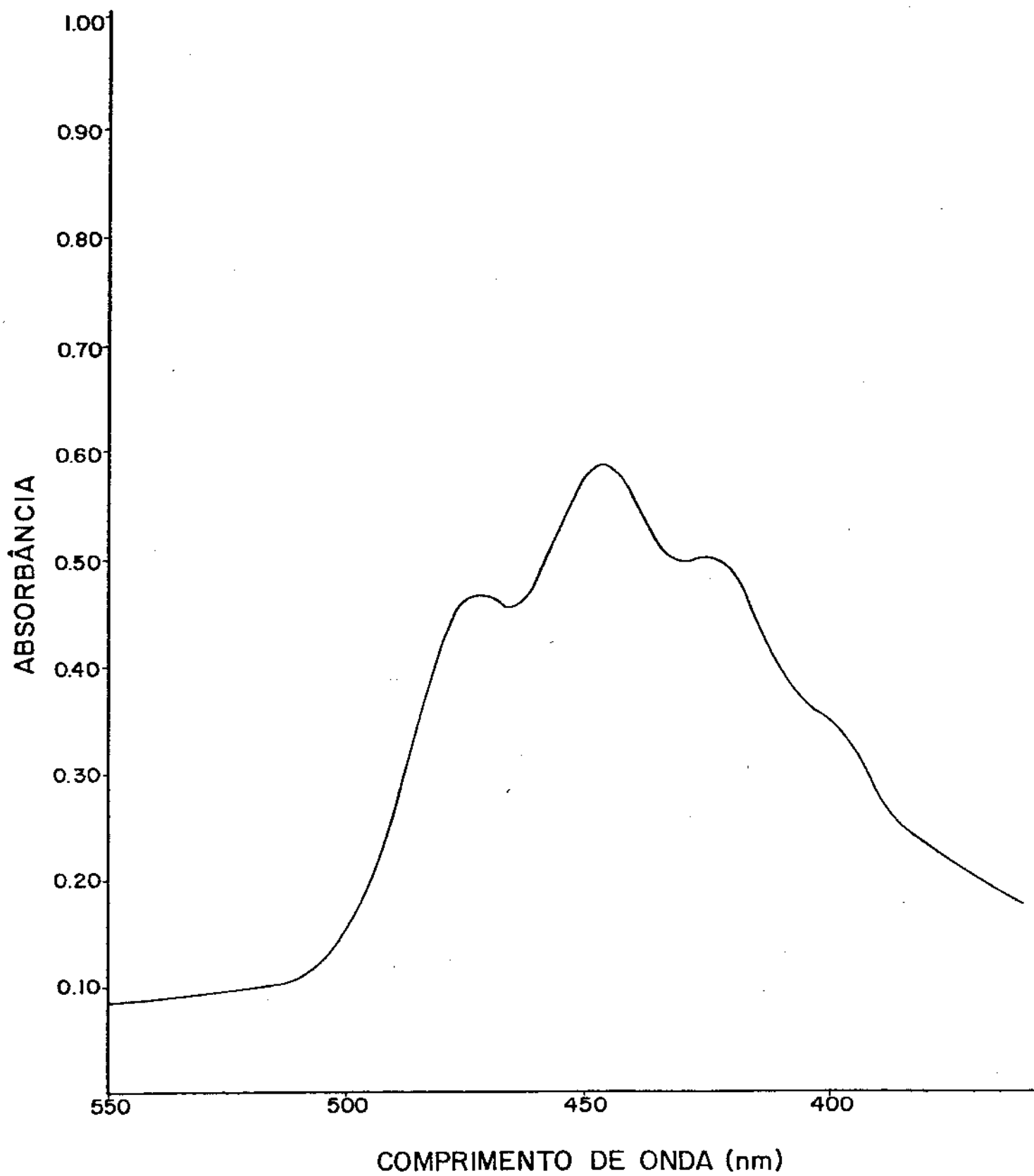


FIGURA 11: Espectro de absorção da fração 4 (zeinoxantina) em éter de petróleo.

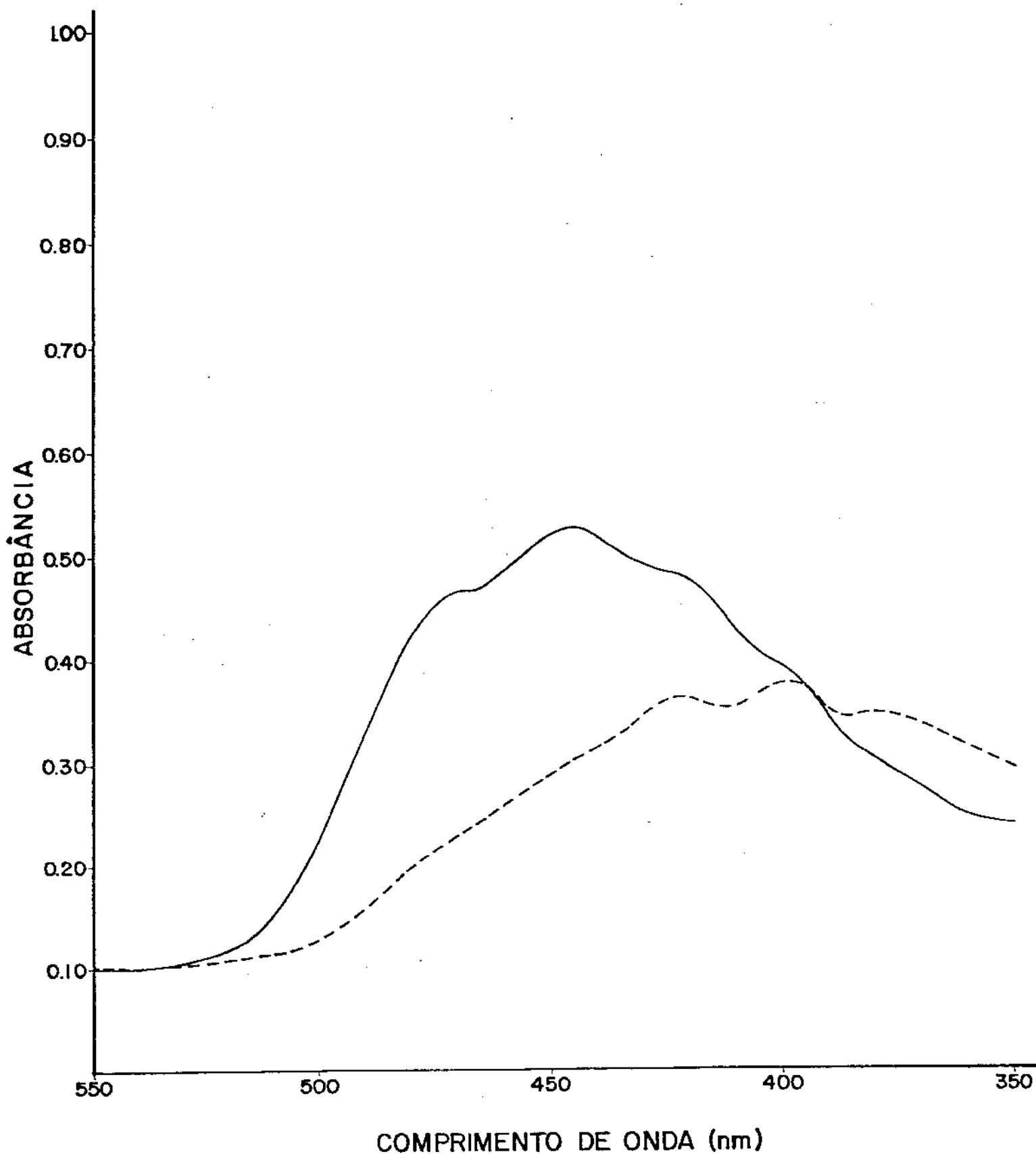


FIGURA 12: Espectros de absorção em etanol da fração 3b (5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno) (—) e o seu produto de reação após adição de ácido de clorídico 0,1N (---).

grupos epóxidos nas posições 5,6 e 5', 6'.

Foi detectado ainda um outro carotenóide, identificado como 5,8-epóxi-3,3', 4-trihidroxi- β -caroteno. Este pigmento foi o mais retido na coluna e permaneceu na origem na camada delgada, comportamento característico de um carotenóide com três grupos hidroxilas. A resposta positiva à acetilação confirmou a presença de grupos hidroxilas. A metilação foi também positiva indicando a presença de pelo menos um grupo hidroxila na posição alílica. A presença de epóxido foi observada através da exposição da camada delgada após desenvolvimento a vapores de HCl concentrado, durante o qual a mancha amarela mudou para verde. O espectro de absorção (λ máx) (410), 432, 459 nm em éter de petróleo), (Figura 13) com máximos 20 nm mais baixos que do β -caroteno indicou que o epóxido se localizava na posição 5,8. Todas estas constatações são coerentes com a identificação deste pigmento como 5,8-epóxi-3,3', 4-trihidroxi- β -caroteno. Trata-se de um pigmento nunca relatado na literatura, portanto, uma confirmação por espectrometria de massa seria necessário para sua identificação definitiva. Desde que este carotenóide contribui pouco para cor e nada no valor de vitamina A, este tipo de confirmação não foi realizado.

As reações que permitiram a confirmação do tipo e posição dos grupos funcionais dos oxicarotenóides estão apresentadas na Figura 14.

Licopeno é o principal pigmento, representando 86% dos carotenóides totais (Tabela 5). Apesar do alto conteúdo de carotenóides (62,1 $\mu\text{g/g}$), o β -caroteno representa somente 6% do total (3,7 $\mu\text{g/g}$) e sendo o único contribuinte, o valor calculado para vitamina A é relativamente baixo, 617 UI/100g. O γ -caroteno embo

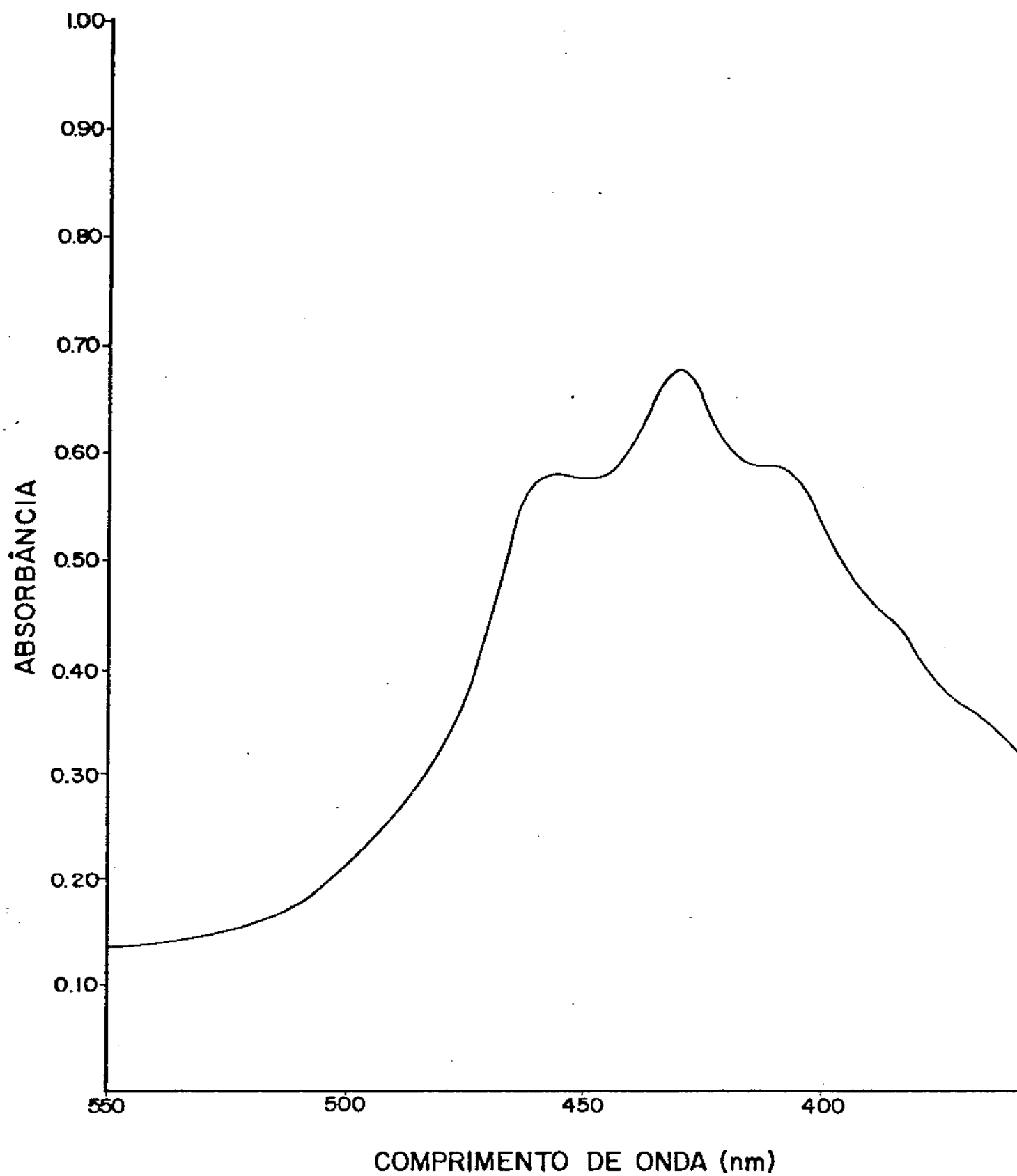


FIGURA 13: Espectro de absorção da fração 5b (5,8-epóxi-3,3',4-trihidroxib-caroteno em éter de petróleo

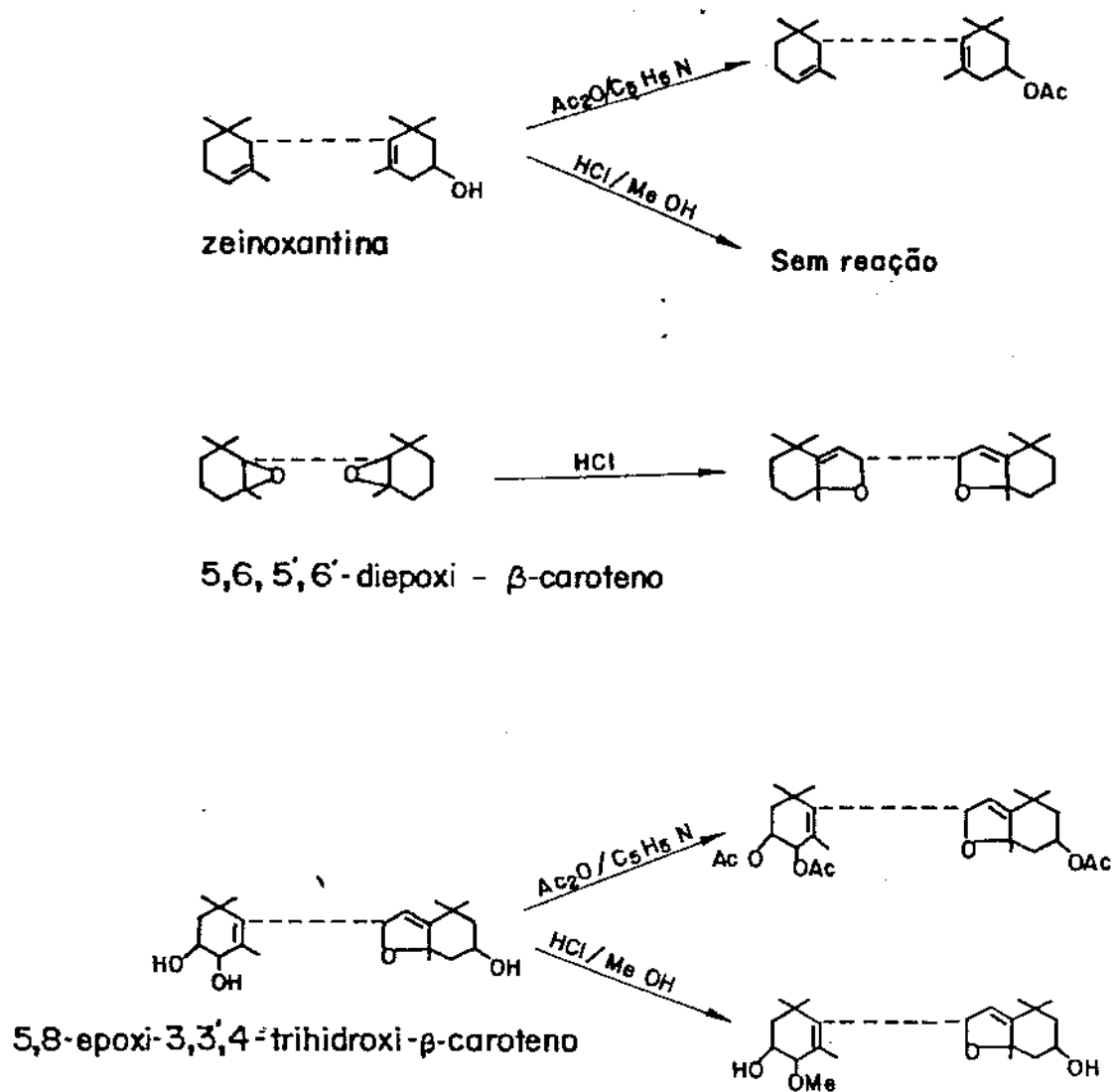


FIGURA 14: Reações químicas dos oxicarotenóides encontrados na goiaba Cultivar IAC-4

TABELA 5: Composição de carotenóides ($\mu\text{g/g}$) e valor de vitamina A (UI/100g) da goiaba Cultivar IAC-4¹.

Constituintes/ Valor Vitamina A	Goiaba Cultivar IAC-4 Fruta Inteira	Goiaba Cultivar IAC-4 Fruta sem casca
β -caroteno	$3,7 \pm 0,7$	$5,0 \pm 1,2$
ζ -caroteno	Traços	Traços
γ -caroteno	Traços	-
Zeinoxantina	$1,0 \pm 0,6$	$0,5 \pm 0,1$
Licopeno ²	$53,4 \pm 6,3$	$56,6 \pm 6,4$
5,8-epoxi-3,3',4-tri hidroxi- β -caroteno	$4,0 \pm 0,3$	$2,0 \pm 0,2$
5,6,5',6'-diepoxi β -caroteno	Traços	$0,1 \pm 0,2$
Total	62,1	64,2
Valor de Vitamina A	617	833

1. Foram analisados separadamente 4 lotes de frutas inteiras (3 em 1981 e 1 em 1982) e 2 lotes de frutas sem cascas (1981). Cada lote foi composto de 6 frutas.
2. A fração de licopeno continha pequenas quantidades de *cis*-licopeno que não foi separado nesta etapa do trabalho.

ra um precursor desta vitamina se encontra em traços.

O teor de β -caroteno obtido neste trabalho é levemente mais alto que o valor (3,0 μg de β -caroteno/g) encontrado por Nogueira et al. (1978), mas obviamente bem mais baixo que os valores (23.800-35.600 $\mu\text{g/g}$) obtidos por Fonseca et al. (1969) para goiaba vermelha de São Paulo. Os nossos resultados contradizem uma afirmação feita por Holdsworth (1979), sem citar referências, que os principais pigmentos da goiaba são α e β -carotenos

Desde que muitos brasileiros têm o hábito de retirar a casca da fruta para comer, uma comparação entre carotenóides da goiaba com casca e sem casca foi realizada com o intuito de observar se tal procedimento retirava uma quantidade apreciável do β -caroteno. Foi observado, por exemplo, que a simples retirada da casca diminuía marcadamente o valor de vitamina A em certas variedades de abóbora (Arima e Rodriguez-Amaya, 1983). No caso de goiaba, o teor de β -caroteno da goiaba sem casca foi maior (5,0 $\mu\text{g/g}$), refletindo em um valor maior de vitamina A (833 UI/100g), (Tabela 5). Esta observação contradiz os valores tabelados pelo INCAP-ICCND (1961) de 80 e 70 $\mu\text{g}/100\text{g}$ para fruta inteira e fruta sem casca, respectivamente.

O teor de vitamina C encontrado em IAC-4 foi de 97.7 ± 12.4 mg/100g (Tabela 7), um valor intermediário entre o 80.5 mg/100g obtido por Nogueira et al. (1978) e o 191 mg/100g relatado por Passos (1979).

Os valores detectados para a acidez titulável (% ácido cítrico), açúcares redutores e totais, pH e ϕ Brix (Tabela 7) estão próximos aos determinados por Garcia (Tabela 2) (1978), mas diferem um pouco da % de acidez e ϕ Brix encontrados por Passos

(1979), 0.57% e 8,3, respectivamente.

4.2 - Comparação com Algumas Goiabas do Nordeste

4.2.1 - Carotenóides e propriedades gerais

Sucos comerciais de goiaba no Brasil são processados no Nordeste portanto, algumas amostras de goiaba de Recife e Fortaleza foram analisadas para fins comparativos. Por causa da distância e da dificuldade de obtenção das amostras, somente um número limitado foi analisado. Em qualquer caso, as variedades das goiabas do Nordeste não são definidas e, portanto, uma informação precisa de sua composição não é possível no momento. A heterogeneidade das amostras pode ser deduzida pela variação na composição de carotenóides apresentados na Tabela 6.

Nas goiabas provenientes de Recife, foram identificadas duas frações ausentes nas goiabas de São Paulo e Fortaleza: *cis*- γ -caroteno e 5,8-epóxi-zeinoxantina.

O *cis*- γ -caroteno, que eluia antes do γ -caroteno na coluna com óxido de alumínio, foi identificado pelos seus máximos de absorção, deslocados 4 nm abaixo do γ -caroteno e uma pequena absorção a 358 nm (Figura 15). Além disso, após isomerização com iodo, ocorreu um deslocamento batocrômico, consistente com a transformação de um *cis*-carotenóide para o isômero *trans*. O outro pigmento, que eluia na coluna de óxido de alumínio após zeinoxantina apresentava um R_F um pouco abaixo da zeinoxantina (0.50), indicando a presença de um grupo hidroxila e um outro grupo menos polar. Quando exposto a vapores de HCl concentrado, o pigmento tornava-se azul esverdeado. Com seu espectro de absorção (Figura 16), com má-

TABELA 6: Composição de carotenóides ($\mu\text{g/g}$) e valor de vitamina A (UI/100g) das goiabas provenientes de Recife e Fortaleza¹.

Constituintes/ Valor Vitamina A	Goiaba Recife	Goiaba Fortaleza	
		forma redonda	forma pera
β -caroteno	11,9 \pm 5,2	6,6	5,5 \pm 2,3
ζ -caroteno	Traços	Traços	Traços
<i>cis</i> - γ -caroteno	Traços	-	-
γ -caroteno	0,4 \pm 0,3	0,4	Traços
Zeinoxantina	1,9 \pm 0,7	1,9	1,5 \pm 0,2
Licopeno ²	53,4 \pm 14,1	48,5	47,0 \pm 15,7
5,8-epóxi-3,3',4-trihidróxi- β -caroteno	2,1 \pm 1,9	4,0	2,3 \pm 0,7
5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno	0,1 \pm 0,1	0,6	0,3 \pm 0,4
5,8-epoxi-zeinoxantina	0,2 \pm 0,1	-	-
Total	70	62	56,6
Valor de Vitamina A	1983	1100	917

1. Foram analisadas separadamente 3 lotes de goiabas provenientes de Recife (2 em 1981 e 1 em 1982), 1 lote de goiabas de forma redonda e 2 lotes de goiabas de forma pera provenientes de Fortaleza (1982). Cada lote foi composto de 6 frutas.
2. A fração de licopeno continha pequenas quantidades de *cis*-licopeno que não foi separado nesta etapa do trabalho.

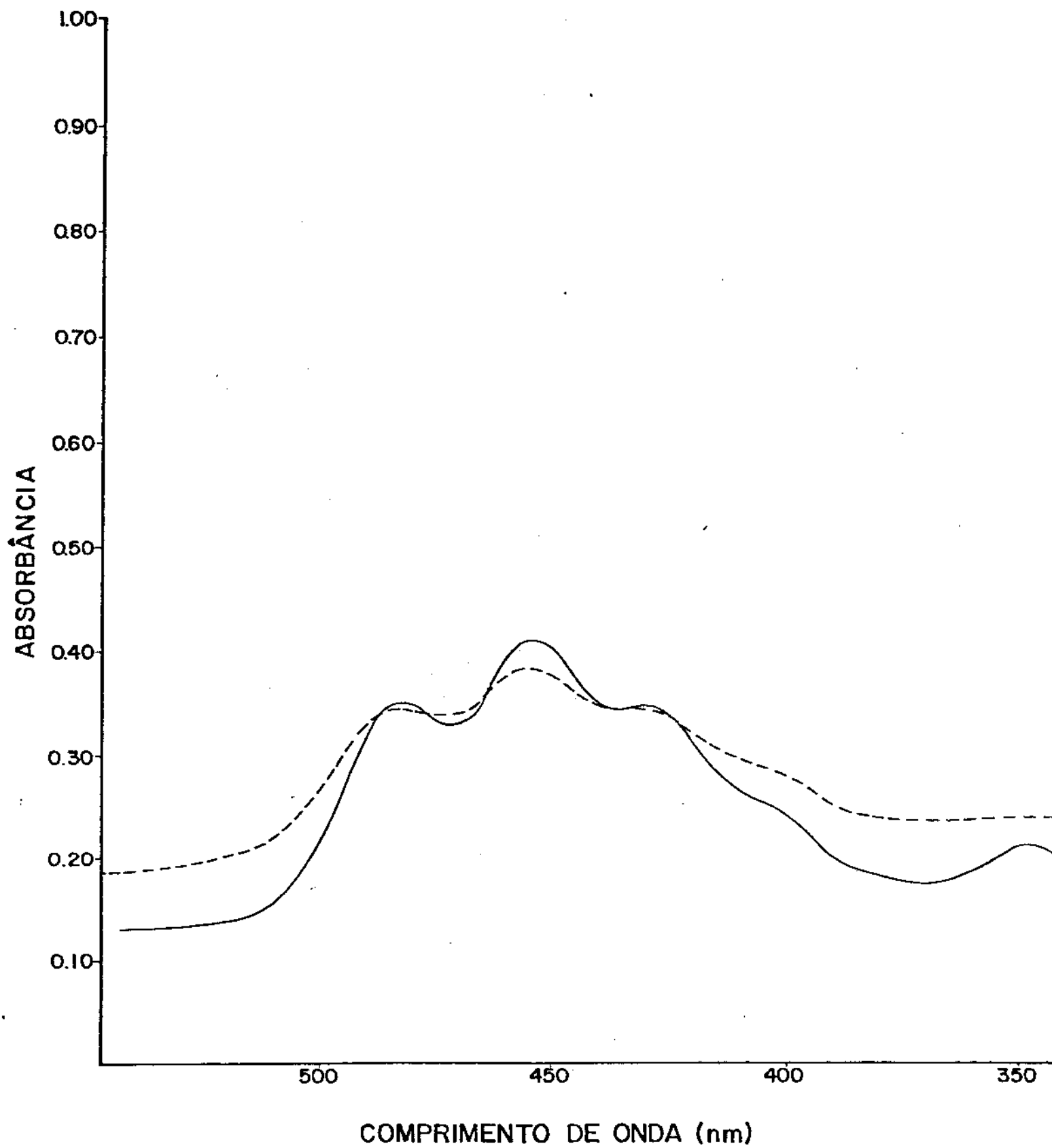


FIGURA 15: Espectro de absorção em éter de petróleo do *cis*- γ -caroteno (—) e depois da isomerização catalizada por iodo (---).

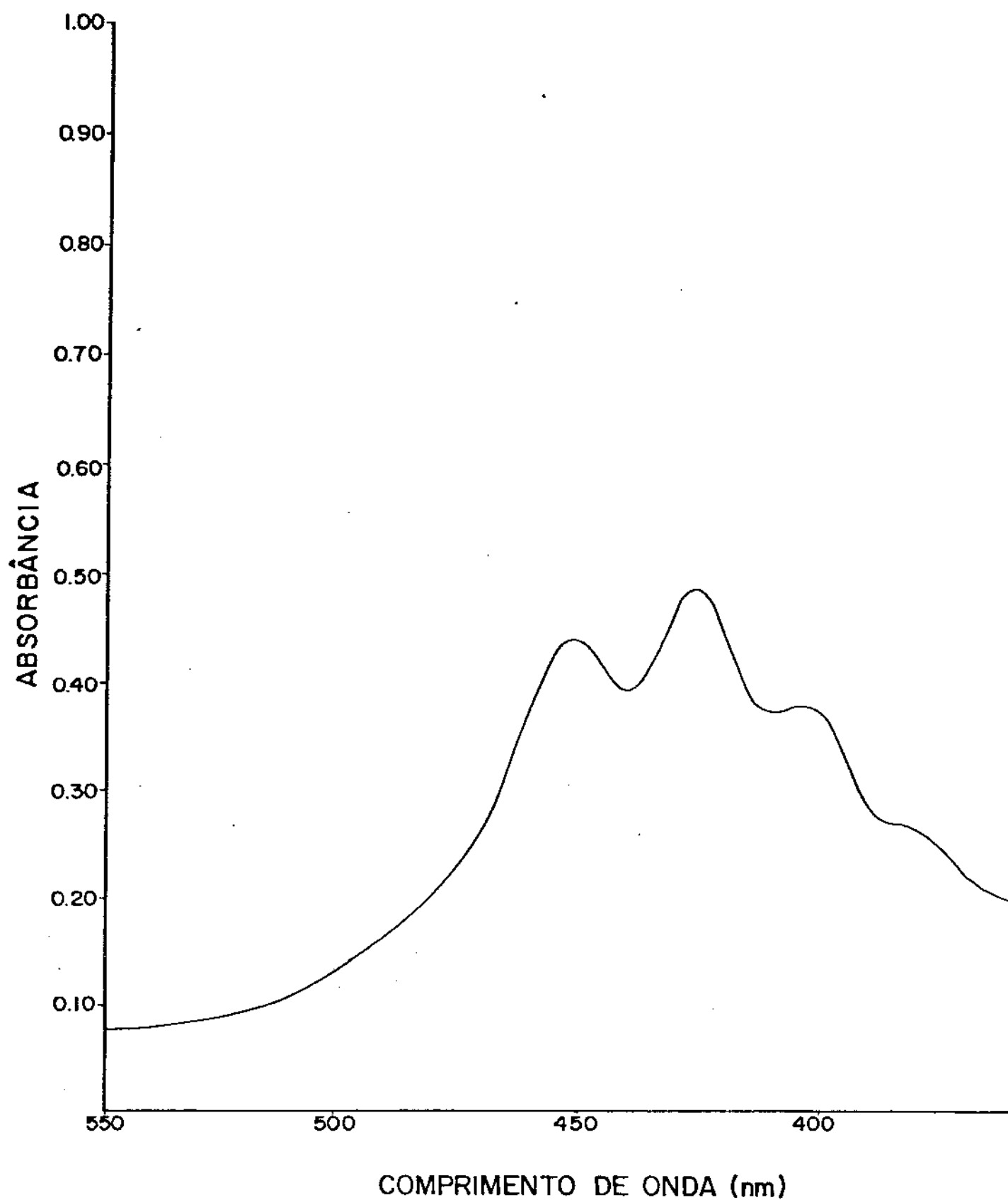


FIGURA 16: Espectro de absorção da fração (5,8-epóxi-zeinoxantina) em éter de petróleo

ximos 20 nm mais baixo que zeinoxantina; esta fração foi identificada como 5,8-epóxi-zeinoxantina.

Tornou-se evidente nesta comparação preliminar que o teor de β -caroteno foi maior em todas as amostras (5 lotes analisados) provenientes do Nordeste (5,5-11,9 $\mu\text{g/g}$). Isso concorda com a observação geral de trabalhos desenvolvidos em nosso laboratório que frutas do Nordeste tendem a ter maior quantidade de β -caroteno que as frutas de São Paulo. Os valores de vitamina A são conseqüentemente maiores para goiabas do Nordeste (917-1983 UI/100g) do que para goiaba IAC-4 (617 UI/100g). Em termos de $\mu\text{g}/100\text{g}$, estes valores são equivalentes a 330-595 e 185 para goiabas do Nordeste e IAC-4, respectivamente, portanto maiores que o valor de 109 $\mu\text{g}/100\text{g}$ reportados por Wenkam e Miller (1965) para goiabas do Havaí e 80 $\mu\text{g}/100\text{g}$ apresentado na Tabela do INCAP-ICCND (1961), mas, bem menores que o valor relatado por Chaves et al. (1958) de 4.170 UI/100g para goiaba brasileira. Evidentemente, carotenóides não precursores de vitamina A, foram incluídos no último valor.

A quantidade de licopeno da goiaba de Recife ($53,4 \pm 14,1$ $\mu\text{g/g}$) equivale à da Cultivar IAC-4 ($53,4 \pm 6,3$ $\mu\text{g/g}$) enquanto que os teores são menores nas goiabas de Fortaleza ($47,0 \pm 15,7 - 48,5$ $\mu\text{g/g}$). Nakasone (1976) encontrou variação semelhante para o teor de diversas variedades de goiaba do Havaí (4,78 - 6,90 mg/100g).

As goiabas de Recife e Fortaleza possuem também uma maior quantidade de epóxidos em relação às de São Paulo, concordando com uma outra observação geral no nosso laboratório: a maior ocorrência de carotenóides epóxidos em frutas nordestinas.

Na comparação de propriedades gerais das goiabas do Nordeste e IAC-4 (Tabela 7) a principal divergência é sem dúvida o

TABELA 7: Comparação das propriedades gerais da goiaba Cultivar IAC-4 e goiabas provenientes de Recife e Fortaleza.

	Goiaba		Goiaba Fortaleza	
	Cultivar IAC-4	Recife	forma redonda	forma pera
Brix (20°C)	9,8 ± 0,5	10,1 ± 0,1	10,6	7,0 ± 1,1
pH	4,1 ± 0,1	3,7 ± 0,0	3,2	3,0 ± 0,5
Acidez Titulável (% Ácido cítrico)	0,4 ± 0,1	0,7 ± 0,0	0,4	0,3 ± 0,0
Açúcares redutores (%)	6,7 ± 0,8 ²	5,0 ± 0,1	8,2	4,9 ± 1,2
Açúcares totais (%)	7,0 ± 1,1 ²	5,3 ± 0,1	8,1	4,9 ± 1,3
Vitamina C (mg/100g)	97,7 ± 12,4	52,2 ± 15,30	38,1 ± 0,1 ²	9,2 ± 1,7
Umidade (%)	83,3 ± 1,6	77,8 ± 2,3	82,0	86,4 ± 0,8

1. Foram analisados separadamente 5 lotes da goiaba Cultivar IAC-4, 3 lotes de goiaba provenientes de Recife, 1 lote da goiaba forma redonda e 2 lotes de goiaba forma pera, provenientes de Fortaleza. Cada lote foi composto de seis frutas.

2. Foram analisados somente dois lotes.

conteúdo de vitamina C. A Cultivar IAC-4 apresentou maior conteúdo desta vitamina, 97,7 mg/100g. Nas goiabas do Nordeste, as quantidades variaram de 9,2-52,2 mg/100g. As goiabas IAC-4 foram colhidas e imediatamente analisadas enquanto que as goiabas do Nordeste foram compradas em feiras livres, não havendo informação sobre a data de colheita, o que sem dúvida influencia o resultado final. Mas ainda assim as diferenças foram tão grandes que outros fatores poderiam ter influenciado tais como variedade, clima, etc. A variação de vitamina C é bastante documentada como mostra a revisão de literatura.

Os valores de 9,2-52,2 mg/100g obtidos para goiabas do Nordeste estão abaixo dos valores reportados por Moura Campos (1958) de 54 a 450 mg/100g para variedades brasileiras. Os teores obtidos para Cultivar IAC-4 ($97,7 \pm 12,4$ mg/100g) estão dentro desta faixa, mas menores que os determinados por Fonseca et al. (1969), 166-169 mg/100g para goiabas de São Paulo, e abaixo do valor de 218 mg/g tabelado pelo INCAP-ICCNND (1961).

O conteúdo de 66mg/100g obtido por Parahym (1959) para goiabas vermelhas de Pernambuco encaixa na faixa observada neste trabalho, $52,2 \pm 15,3$ mg/100g para goiabas do Recife.

Neste trabalho o estágio de amadurecimento foi estabelecido somente pela inspeção visual. As propriedades gerais foram determinadas principalmente para caracterizar as amostras. Houve uma tentativa de também utilizar os dados sobre acidez e açúcar como subsídios na definição do estágio de amadurecimento. Uma vez que se trata de variedades diferentes, isso não foi possível. Por exemplo, goiabas de Recife, que se apresentavam nitidamente bem maduras, registraram maior acidez e teor de açúcares menores que

das goiabas IAC-4 e goiabas de forma redonda de Fortaleza.

4.2.2 - Comparação dos perfis dos voláteis

Um outro aspecto importante na comparação de frutas é o perfil dos voláteis. Como mostra a Figura 17, as goiabas de Recife possuíam maior número de componentes principalmente na faixa dos mais voláteis que a goiaba IAC-4. Esta constatação parece concordar com a observação de que as goiabas do Nordeste apresentam aroma mais forte. Este assunto deve ser investigado mais detalhadamente no futuro.

4.3 - Mudanças Durante Processamento do Suco de Goiaba Cultivar IAC-4

As mudanças no conteúdo de carotenóides durante processamento de 30 minutos a 97°C do suco de goiaba encontra-se na Tabela 8. O teor de β -caroteno praticamente não se alterou mantendo portanto, o valor de vitamina A. O pigmento identificado como 5,8-epóxi-3,4',4-trihidroxi- β -caroteno diminuiu de 3,0 para 0,3 $\mu\text{g/g}$. Não foram observadas alterações significativas no conteúdo dos outros carotenóides, ζ -caroteno, γ -caroteno, zeinoxantina; 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno.

A alteração mais aparente ocorreu com licopeno que decresceu 14% durante processamento (31,0 para 26,8 $\mu\text{g/g}$). Por outro lado, *cis*-licopeno aumentou de aproximadamente seis vezes (1,2 para 7,8 $\mu\text{g/g}$).

O *cis*-licopeno (Fração 6a, Figura 4) foi identificado com base no seu espectro de absorção 5nm mais baixo que o *trans*-lico-

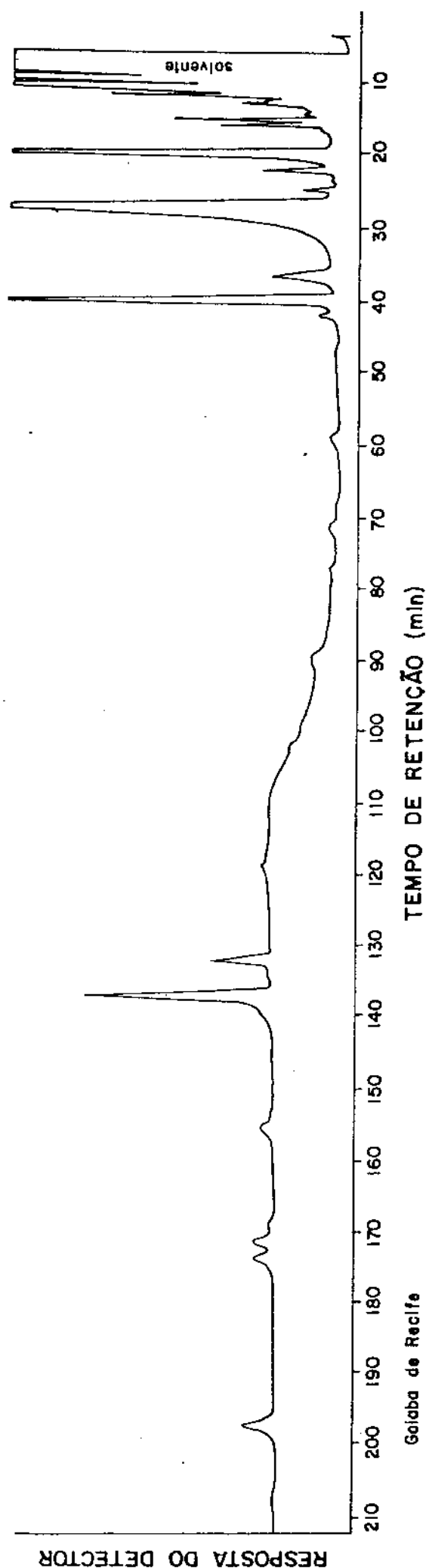
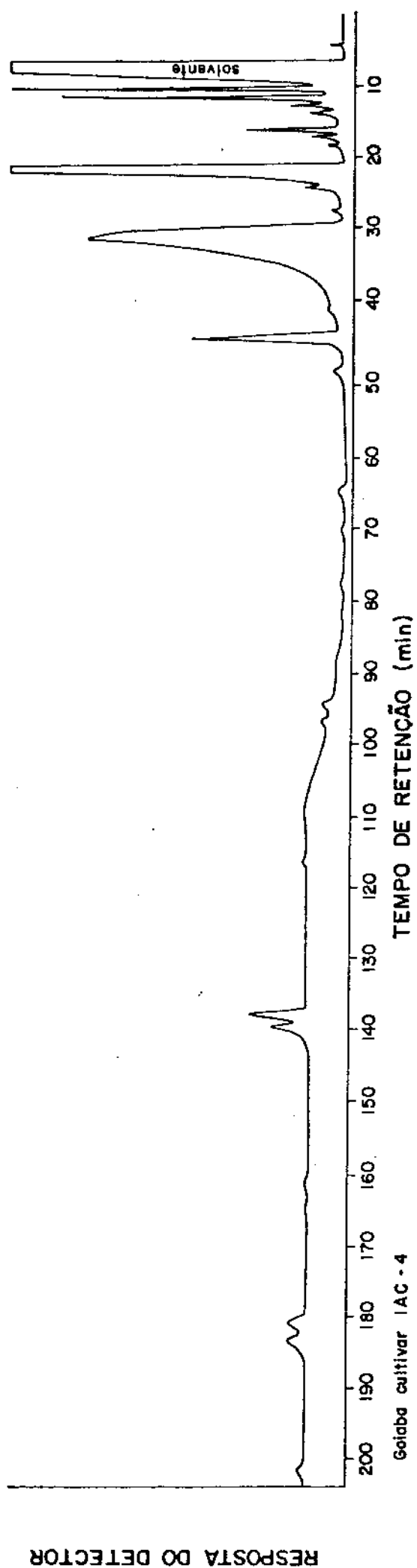


FIGURA 17: Perfil dos componentes voláteis da goiaba

TABELA 8: Efeito do processamento na composição dos carotenóides ($\mu\text{g/g}$), valor de vitamina A (UI/100g) e vitamina C (mg/100g) de suco de goiaba Cultivar IAC-4¹.

Constituintes	Suco Natural	Suco Processado
β -caroteno	2,8	2,7
ζ -caroteno	Traços	Traços
pigmento 1 semelhante ao ζ -caroteno	-	0,2
γ -caroteno	Traços	Traços
Zeinoxantina	0,8	0,8
Cis-licopeno	1,2	7,8
Licopeno	31,0	26,8
5,8-epóxi-3,3',4 Trihidroxi- β -caroteno	3,0	0,3
5,6,5',6'-diepóxi β -caroteno	Traços	Traços
Total	38,8	38,6
Valor de Vitamina A	467	450
Vitamina C	73,5	65,2

1. Os valores são médias de análises individuais de duas garrafas de suco.

peno e por uma absorção a 360 nm (Figura 18). Adicionalmente, este pigmento em presença de iodo isomerizou-se para *trans*, como mostra o espectro de absorção com deslocamento batocrômico dos máximos.

Sendo o licopeno um polieno conjugado, é esperado que este se transforme no seu *cis*-isômero durante o processamento, especialmente em meio ácido. Muitos são os sítios possíveis para este tipo de transformação, mas devido ao impedimento estérico (Pauling, 1939), a isomerização ocorre geralmente nas posições 15 e 9. Como nos trabalhos anteriores (Miers et al., 1958; Lovrić et al. 1970 e Bosković, 1979) a isomerização do *trans*-licopeno para *cis*-licopeno ocorreu neste trabalho principalmente durante o processamento.

A mais surpreendente mudança ocorrida foi o aparecimento de uma fração logo após o ζ -caroteno na coluna (Fração 2b, Figura 4), com o mesmo espectro de absorção visível (λ máx. 318, 400, 424 nm em éter de petróleo) (Figura 19). Este pigmento na cromatografia em camada delgada corria junto com a frente de solvente, demonstrando sua natureza de hidrocarboneto, e manteve sua cor amarela após exposição a vapores de HCl concentrado, excluindo a possibilidade de ser epóxido (ex. aurocromo). Como o ζ -caroteno apresenta uma banda difusa na coluna de "Hyflosupercel": MgO (2:1) pensou-se a princípio que era uma parte da fração ζ -caroteno. No entanto, este pigmento se encontra na fruta somente em traços e é impossível pensar em biossíntese de ζ -caroteno durante um processamento térmico de 97°C por 30 minutos. Uma possível interpretação é considerar este composto como um fragmento com sete ligações duplas conjugadas produzido pela degradação provavelmente do licope

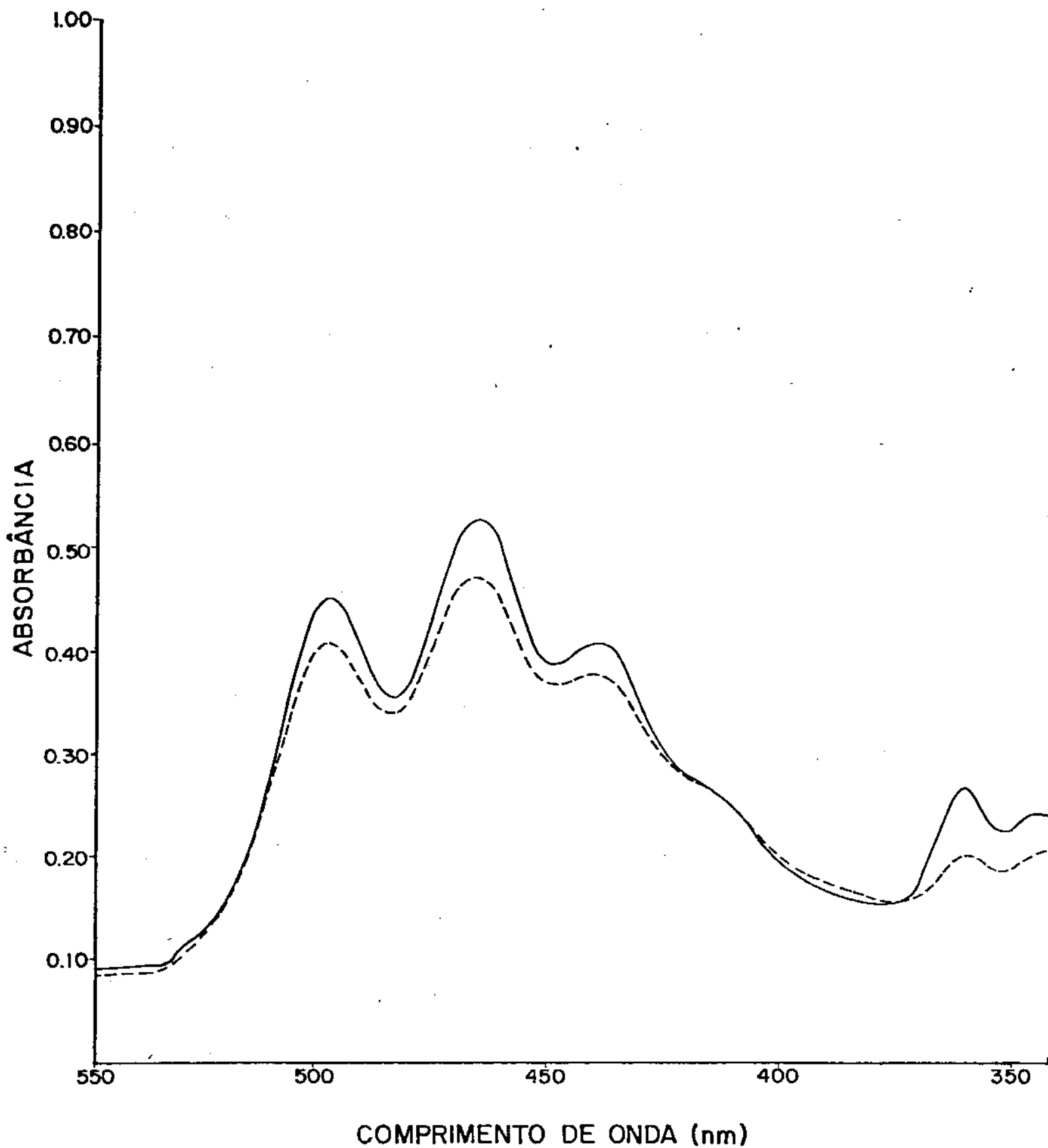


FIGURA 18: Espectro de absorção em éter de petróleo do *cis*-licopeno (—) e depois da isomerização catalizada por iodo (---).

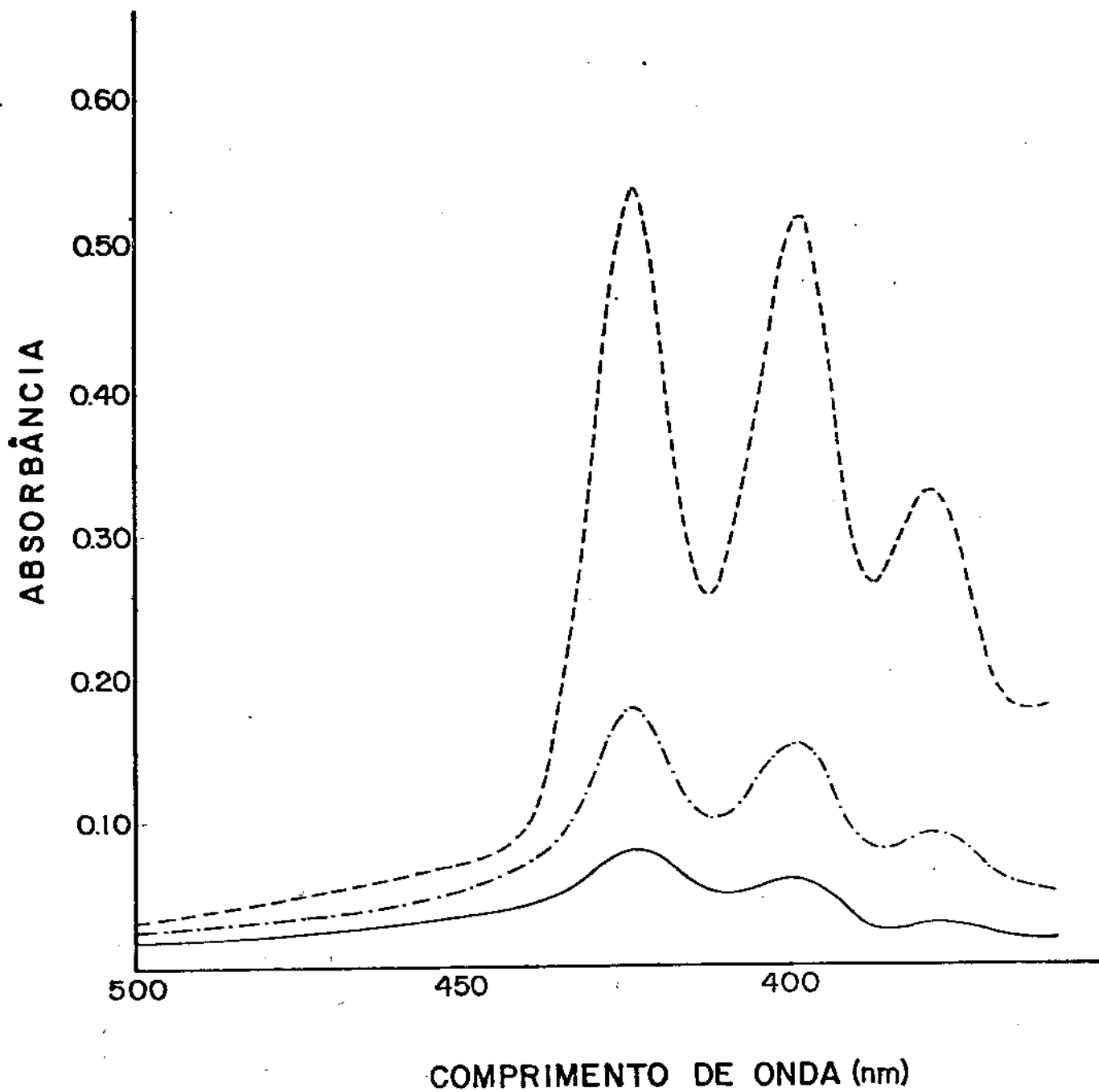


FIGURA 19: Espectro de absorção visível das frações ζ -caroteno (—), pigmento 1 semelhante ao ζ -caroteno (---) e pigmento 2 semelhante ao ζ -caroteno (-.-.-) em éter de petróleo.

no. Tal intermediário deveria ter a mesma afinidade e espectro de absorção que o ζ -caroteno. Se esta suposição é correta, esta será a primeira referência a um produto de degradação além dos epóxidos. Se os produtos de degradação de carotenóides são pressupostos como fragmentos de baixo peso molecular incolores (Cole e Kapur, 1957 a e b) é de se esperar que o processo de degradação passe por compostos intermediários, ainda possuindo um número de ligações duplas que permitam a absorção na região visível. Este assunto também merece um estudo mais profundo.

A perda de vitamina C durante processamento foi de 11% (73,5 para 65,2 mg/g 100g).

4.4 - Mudanças Durante Estocagem do Suco

Durante 10 meses de estocagem do suco de goiaba Cultivar IAC-4, foi observado que a quantidade de β -caroteno praticamente não se alterou e conseqüentemente o valor de vitamina A foi mantido. Ambos, *trans*-licopeno e *cis*-licopeno diminuíram, de 25% e 63%, respectivamente (Tabela 9).

Neste trabalho não foi observada nenhuma evidência da re-isomerização de *cis*-licopeno para o mais estável *trans*-licopeno durante estocagem, como foi comentado pela primeira vez, por Miers et al. (1958) e a seguir por Lovrić et al. (1970) e Bosković (1979) em tomate desidratado. Na realidade, Miers et al. não observaram a ocorrência deste fenômeno nas amostras de tomate desidratado em "spray-dryer". Levantaram a possibilidade de re-isomerização, para explicar o aumento no conteúdo total de licopeno durante a estocagem, em dois outros trabalhos anteriores (Davis,

TABELA 9: Mudanças na composição de carotenóides principais ($\mu\text{g/g}$) e vitamina C ($\text{mg}/100\text{g}$) durante a estocagem do suco de goiaba Cultivar IAC-4¹.

Constituinte	Tempo de estocagem (meses)				
	0	1	4	7	10
β -caroteno	2,7	2,4	2,5	2,5	2,5
pigmento 1 semelhante ao ζ -caroteno	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3
pigmento 2 semelhante ao ζ -caroteno	-	0,1	0,1	Traços	Traços
<i>cis</i> -licopeno	7,8	7,9	6,6	3,5	2,9
licopeno	26,8	25,3	22,6	22,2	20,2
vitamina C	65,2	56,4	43,3	41,8	35,4

1. Os valores são médias de análises individuais de duas garrafas de suco para cada tempo de estocagem.

1949; Wong e Bohart, 1957). Lovrić et al., por sua vez, citaram como prova que este fenômeno ocorre em p \tilde{o} de tomate ("foam-mat dried"), o aumento na cor solúvel em éter de petróleo e um suposto aumento no conteúdo total de licopeno após 200 dias de estocagem. Um exame cuidadoso dos dados apresentados deixa, porém, a validade da informação em dúvida. Um leve aumento da cor solúvel em éter de petróleo entre 150-240 dias de estocagem, foi mostrado por duas das oito amostras estocadas em atmosfera de N $_2$ ou ar nas temperaturas de -10 ° , +2 ° , +20 ° e +37 ° C, especificamente as amostras estocadas na presença de N $_2$ à temperatura de +2 ° e +20 ° . A cor das outras amostras diminuiu ou se manteve constante neste intervalo de tempo. Quanto ao conteúdo de licopeno pelos valores apresentados nas tabelas, não houve aumento no conteúdo total, nem no conteúdo de *trans*-licopeno. Uma evidência mais convincente seria os dados de Wong e Bohart (1957) que mostram um aumento de 11,82% em licopeno total após 12 meses de estocagem, mas para amostras estocadas, em atmosfera inerte. É evidente, portanto, que tal re-isomerização poderia acontecer, mas em condições que desfavorecessem a oxidação.

Embora não tenham discutido os resultados, Chan e Cavalletto (1982) também observaram um aumento significativo na absorção a 468 nm durante o primeiro mês de estocagem de purê de goiaba em "bag-in-box", um tipo de embalagem que exclui oxigênio.

O composto parecido com ζ -caroteno permaneceu em teores quantificáveis em todas as amostras analisadas durante os 10 meses de estocagem. Além disso, uma outra fração, com propriedades semelhantes foi também detectada, eluindo após o primeiro composto (Fração 2c, Figura 4). Como mostra a Figura 19, estes pigmentos,

pelas suas quantidades, especialmente em comparação com ζ -caroteno, não poderiam ser artefatos do procedimento analítico.

O aparecimento destes dois pigmentos não seria o mesmo caso que acontece na estocagem de frutas inteiras ou pedaços de frutas, sem processamento, onde um aumento de vários carotenóides é geralmente observado e atribuído ao prosseguimento de biossíntese. Por exemplo, Valadon e Mummery (1981) observaram um aumento de ζ -caroteno e fitoflueno após 24 meses de estocagem do flavedo de laranja a -24°C , aumento este que foi bem mais marcante quando a fruta congelada foi exposta à temperatura ambiente por 4 dias. O flavedo não sofreu tratamento térmico e portanto, não houve inativação das enzimas. A biossíntese poderia então continuar ou recomeçar especialmente após exposição do flavedo à temperatura ambiente.

Traços de 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno (Fração 3b, Figura 4) e 5,8-epóxi-zeinoxantina (Fração 4b, Figura 4), pressupostos produtos iniciais da oxidação de β -caroteno e zeinoxantina foram detectados durante a estocagem. Por outro lado, derivados epóxidos do licopeno não foram encontrados, sugerindo que a sua oxidação ocorre mais rapidamente.

Nas características químicas analisadas, pH, ϕ Brix, açúcares redutores e totais e acidez não foram observadas mudanças durante a estocagem enquanto que para vitamina C foi observada uma perda total de 46%.

Foi feita também uma tentativa de verificar a mudança nos perfis de componentes voláteis durante processamento e estocagem. Como mostra a Figura 20, a perda tanto no processamento como na estocagem, foi marcante.

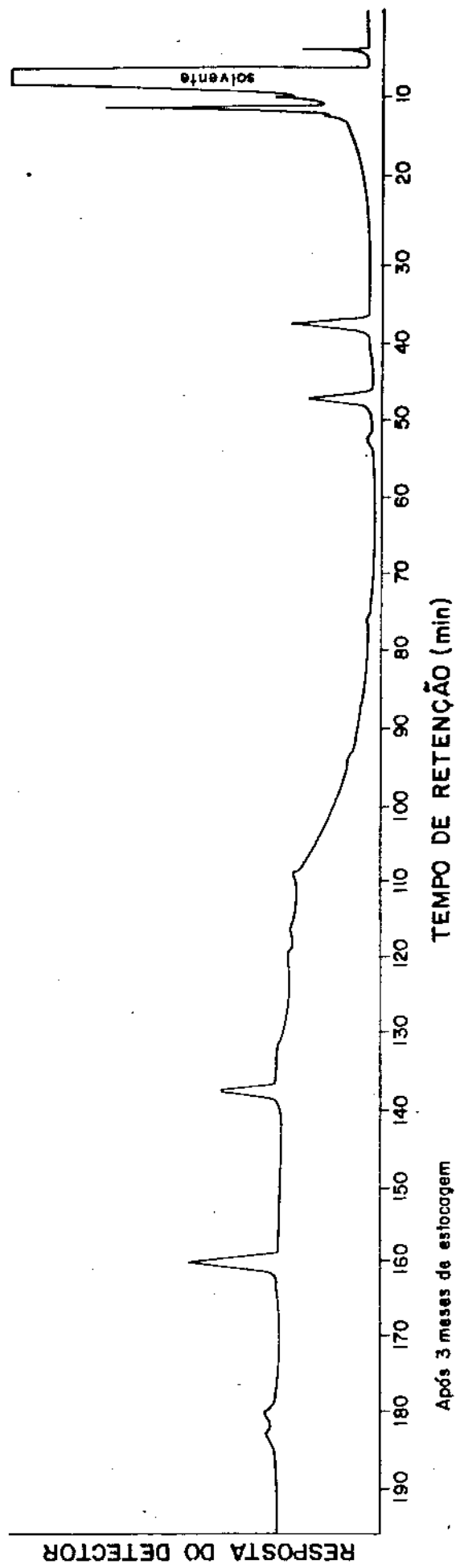
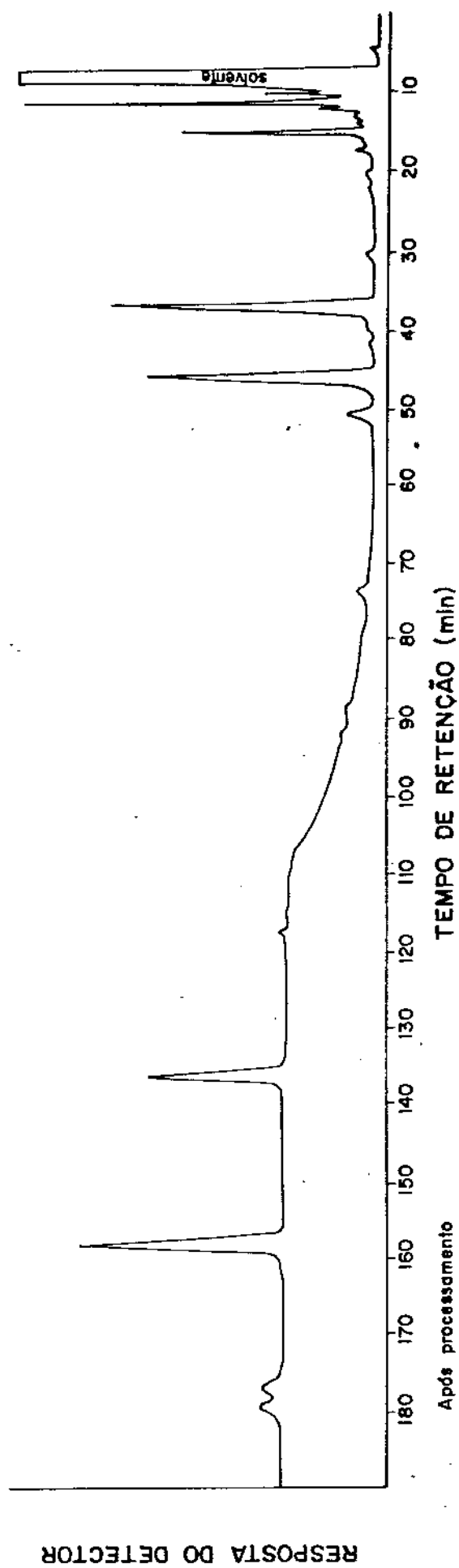


FIGURA 20: Perfil dos componentes voláteis de suco de goiaba Cultivar IAC-4

4.5 - Comparação do Suco de Goiaba Cultivar IAC-4 com Sucos Comerciais

A goiaba IAC-4, cultivada comercialmente no Estado de São Paulo, destina-se à fabricação de goiabada e compota. Com o intuito de avaliar a viabilidade de se utilizar esta cultivar como matéria-prima na fabricação de suco, o suco produzido neste trabalho foi comparado a sucos comerciais. Embora não tenha sido o objetivo principal, foram obtidas informações importantes sobre a qualidade de sucos comerciais.

4.5.1 - Conteúdo de carotenóides

Através dos dados fornecidos na Tabela 10 podemos verificar que a retenção de carotenóides foi muito melhor no suco IAC-4 (carotenóide total de 29,1 $\mu\text{g/g}$) do que nos sucos comerciais marcas A e B (carotenóide total de 16,8 e 6,9 $\mu\text{g/g}$, respectivamente). Mesmo considerando que os sucos comerciais encontravam-se mais diluídos, a diferença foi tão marcante para se pensar em matéria-prima de baixa qualidade e/ou falta de cuidado no processamento, uma vez que nosso processamento térmico foi drástico.

Nos sucos comerciais foi detectada ainda a cantaxantina, um carotenóide típico de espécies animais, disponível comercialmente em forma sintética, que aparentemente foi adicionado aos sucos para compensar a perda de cor. Este pigmento (Fração 5, Figura 4) foi identificado através do espectro de absorção, consistindo de um único máximo a 463 nm em éter de petróleo (Figura 21). Além disso, a redução com boridreto de sódio transformou o único máximo em três máximos de comprimentos de onda mais baixos, refletindo

TABELA 10: Comparação quantitativa de carotenóides ($\mu\text{g/g}$) e valor de vitamina A (UI/100g) do suco de goiaba Cultivar IAC-4 e sucos comerciais marcas A e B¹.

Constituinte/ Valor Vitamina A	Suco de Goiaba Cultivar IAC-4	Marca A	Marca B
β -caroteno	2,5 \pm 0,1	2,6 \pm 1,3	0,4 \pm 0,2
ζ -caroteno	Traços	Traços	-
pigmento 1 semelhante ao ζ -caroteno	0,3 \pm 0,1	0,1 \pm 0,0	Traços
pigmento 2 semelhante ao ζ -caroteno	Traços	-	-
γ -caroteno	0,2 \pm 0,0	0,2 \pm 0,1	Traços
Zeinoxantina	1,2 \pm 1,1	0,7 \pm 0,1	0,2 \pm 0,1
<i>Cis</i> -licopeno	2,9 \pm 0,5	1,5 \pm 0,3	0,6 \pm 0,2
Licopeno	20,2 \pm 1,3	9,3 \pm 3,5	2,5 \pm 0,6
Cantaxantina	-	1,7 \pm 1,3 ²	3,1 \pm 0,9
5,8-epóxi-3,3',4- trihidroxi- β -caroteno	1,6 \pm 0,0	0,5 \pm 0,2	0,1 ³
5,6,5',6'-diepóxi β -caroteno	-	0,2 \pm 0,1	Traços
5,8-epóxi- Zeinoxantina	0,2 \pm 0,3	-	-
Total	29,1	16,8	6,9
Valor de vitamina A	417	433	6,7

1. Foram analisadas separadamente 2 garrafas de suco de goiaba Cultivar IAC-4 estocada por 10 meses, 4 garrafas (2 compradas em 1981 e 2 em 1982) da Marca A e 3 garrafas (2 em 1981 e 1 em 1982) da marca B.

2. Detectada somente em 2 garrafas compradas em 1981.

3. Detectada somente em 1 garrafa (1981).

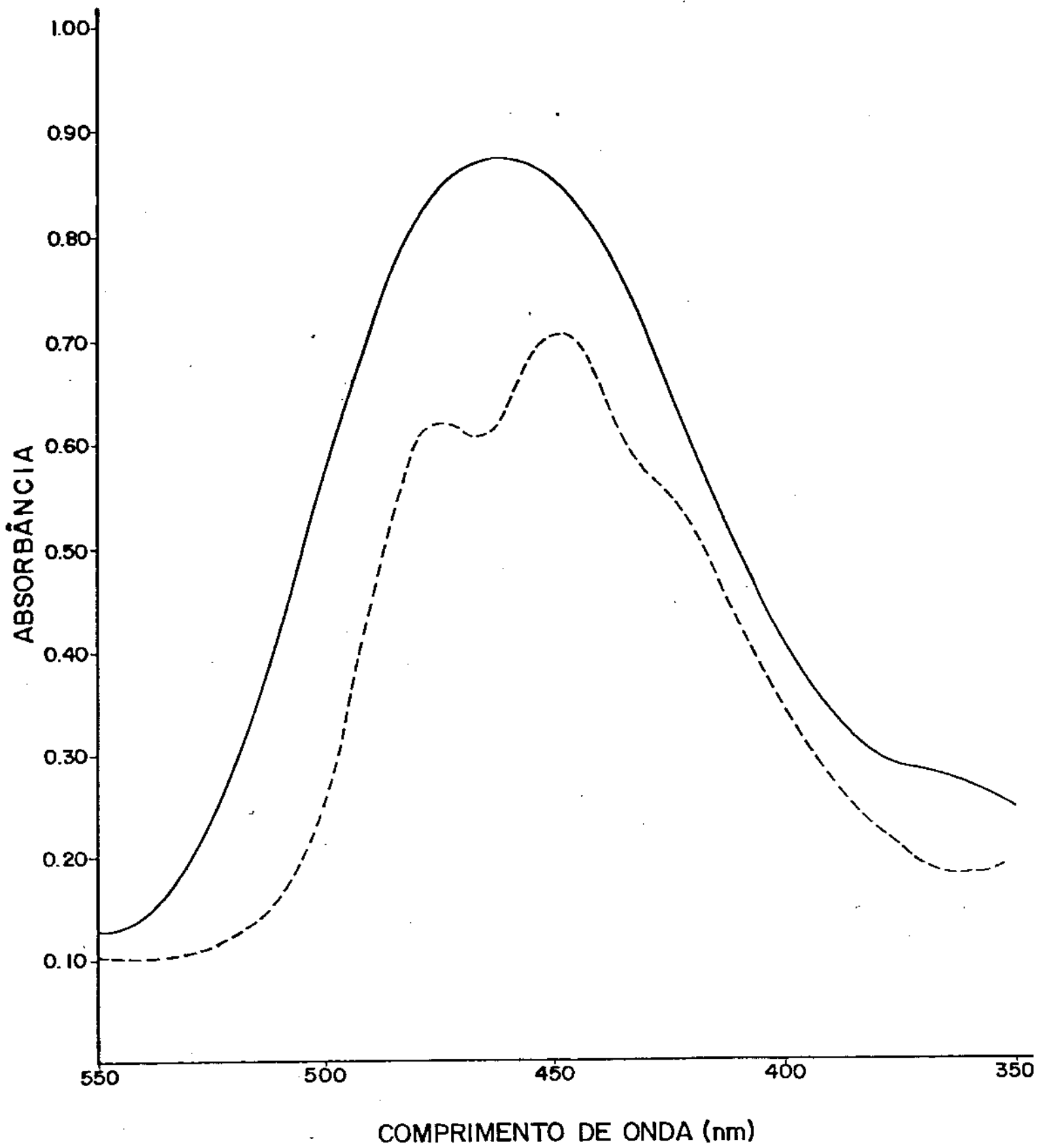


FIGURA 21: Espectro de absorção em etanol (95%) da curcuma (—) e seu produto de redução (---).

a transformação do grupo carbonila conjugado em grupo hidroxila. Os dados da R_F na camada delgada foram também coerentes com esta identificação.

Foram encontradas em todas as amostras da marca B, quantidades suficientes ($3,1 \pm 0,9 \mu\text{g/g}$) de cantaxantina para dar ao suco uma cor vermelho forte (anexo, p.106). No suco marca A, este pigmento foi detectado nas garrafas adquiridas em 1981 em quantidades pequenas, mas variáveis, refletindo em uma variação na coloração dos sucos. As garrafas analisadas em 1982 não continham este pigmento.

O conteúdo do β -caroteno da Marca A e suco IAC-4 foram comparáveis, enquanto que o da marca B foi muito menos, o que refletiu um menor valor de vitamina A.

O conteúdo de licopeno encontrado nos sucos IAC-4 ($20,2 \pm 1,3 \mu\text{g/g}$) foi bem maior que nos sucos comerciais ($9,3 \pm 3,5 \mu\text{g/g}$) e $2,5 \pm 0,6 \mu\text{g/g}$). O baixo teor de licopeno nos sucos comerciais não pode ser explicado pela inclusão de goiabas da variedade branca, pois identificamos neurosporeno como principal pigmento (Figura 22) da goiaba branca e este não foi detectado nos sucos comerciais.

4.5.2 - Propriedades gerais

Comparando-se as propriedades gerais do suco de goiaba Cultivar IAC-4 após 10 meses de estocagem e sucos comerciais, marcas A e B (Tabela 11), notamos algumas diferenças. Os comerciais foram mais diluídos (92% de umidade) que o suco IAC-4 (80,2%). No suco marca A e suco IAC-4, o teor de açúcares redutores foi aproximadamente igual ao de açúcares totais enquanto que na marca B a

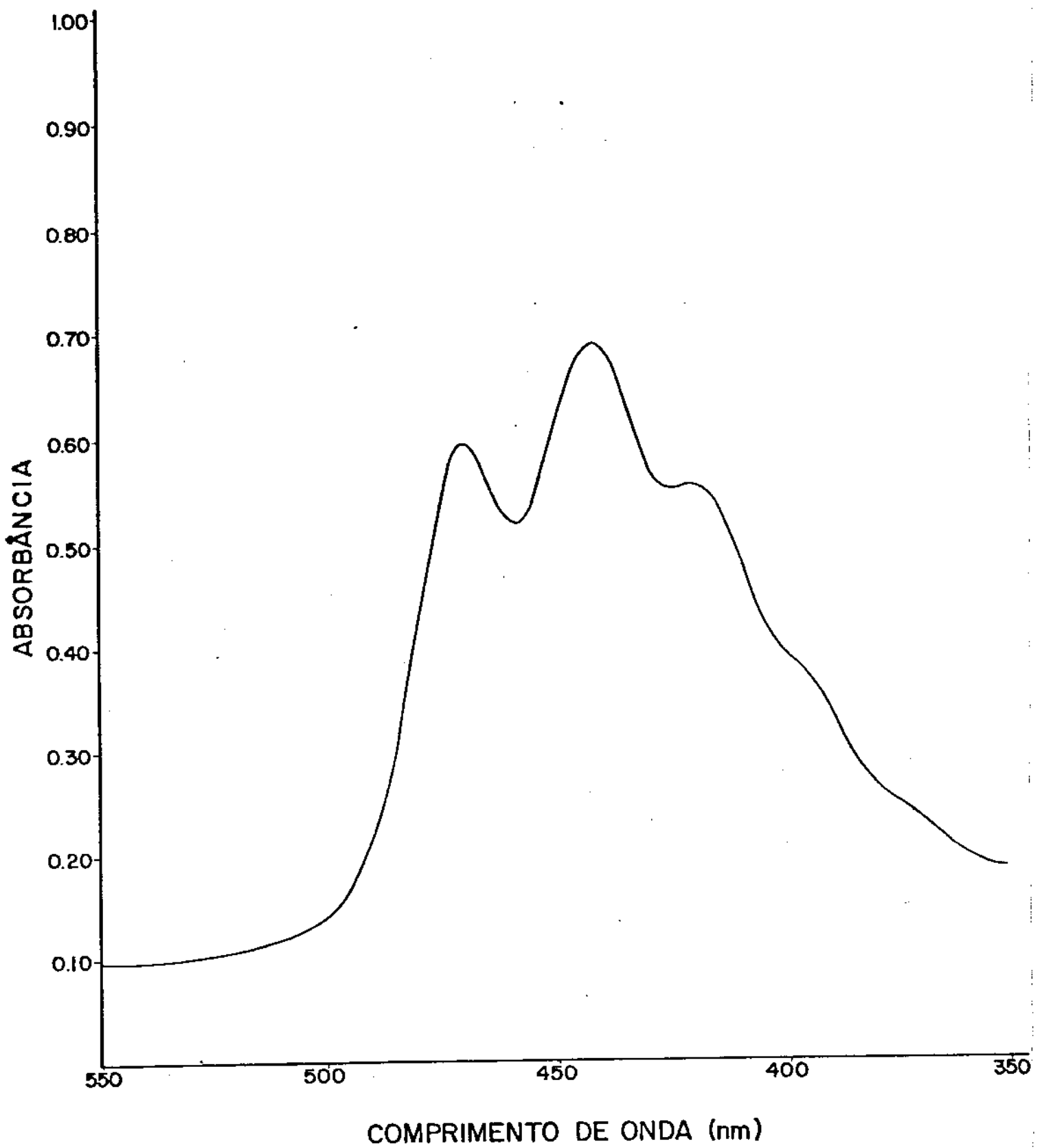


FIGURA 22: Espectro de absorção de neurosporeno em éter de petróleo.

TABELA 11: Comparação das propriedades gerais do suco de goiaba Cultivar IAC-4 com sucos comerciais marcas A e B¹.

	Suco de goiaba Cultivar IAC-4	Marca A	Marca B
φBrix (20°C)	7,0	6,1 ± 0,3	7,4 ± 0,8
pH	3,5	3,8 ± 0,2	3,5 ± 0,1
Acidez Titulável (% ácido cítrico)	0,5	0,6 ± 0,1	0,5 ± 0,0
Açúcares redutores (%)	4,8	3,4 ± 0,4	3,4 ± 1,6
Açúcares totais (%)	4,8	3,4 ± 0,3	5,7 ± 2,6
Vitamina C (mg/100g)	35,4	44,9 ± 11,9	7,4 ± 7,5
Umidade	80,2	92,9 ± 0,5	92,9 ± 1,0

1. Foram analisadas separadamente 2 garrafas do suco de goiaba Cultivar IAC-4 estocado por 10 meses, 4 garrafas (2 em 1981, 2 em 1982) da Marca A e 3 garrafas (2 em 1981, 1 em 1982) da Marca B. Somente as médias são mostradas para o suco de goiaba Cultivar IAC-4, pois ambas garrafas são do mesmo lote e os desvios padrões são desprezíveis.

a percentagem de açúcares totais (5,7%) foi maior que a de açúcares redutores (3,4%), indicando que sacarose foi adicionada ao suco.

O teor de vitamina C no suco marca B ($7,4 \pm 7,5$ mg/100g) foi bem menor que no suco IAC-4 (35,4 mg/100g). Isto não foi surpresa, pois os sucos comerciais são processados no Nordeste e como já foi citado anteriormente, as goiabas provenientes de Recife e Fortaleza possuem menor quantidade de vitamina C. O rótulo do suco marca A especificava adição de 398 mg de vitamina C/500 mL de suco, explicando o maior teor desta vitamina ($44,9 \pm 11,9$ mg/100g). Quanto às outras propriedades %Brix, pH e acidez, não foram observadas diferenças significativas.

4.5.3 - Avaliação sensorial

Na Tabela 12 são mostrados os resultados da avaliação sensorial. O suco de goiaba da Cultivar IAC-4 obteve médias significativamente maiores que os sucos comerciais em todos os aspectos: odor, gosto, cor e preferência.

O suco marca A obteve médias maiores que o suco marca B, com exceção da cor na diluição 1:4.

TABELA 12.: Comparação das médias da avaliação sensorial do suco de goiaba Cultivar IAC-4 e suas diluições com as médias das amostras comerciais¹.

	Odor	Gosto	Cor	Preferência
Diluição 1:2				
Suco de Goiaba Cultivar IAC-4	7,93 ± 0,32 a	7,75 ± 0,34 a	7,75 ± 0,31 a	8,52 ± 0,31 a
Marca A	6,87 ± 0,82 b	5,42 ± 0,50 b	5,38 ± 0,37 b	5,73 ± 0,56 b
Marca B	5,52 ± 0,32 c	4,53 ± 0,84 c	4,47 ± 0,69 c	4,77 ± 0,97 c
Diluição 1:4				
Suco de Goiaba Cultivar IAC-4	7,60 ± 0,50 a	7,47 ± 0,31 a	8,30 ± 0,33 a	7,52 ± 0,36
Marca A	6,68 ± 0,39 b	5,40 ± 0,37 b	3,75 ± 0,56 b	5,47 ± 0,34 b
Marca B	5,48 ± 0,46 c	4,88 ± 0,47 c	6,02 ± 1,54 c	4,82 ± 0,47 c

1. Os valores na mesma coluna que não mostram a mesma letra são significativamente diferentes ($P \leq 0,05$). Cada valor é a média de 24 observações (3 amostras x 8 provadores).

5. CONCLUSÕES

1. Os carotenóides na goiaba Cultivar IAC-4, foram identificados como: β -caroteno, ζ -caroteno, γ -caroteno, zeinoxantina, licopeno, 5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno e 5,8-epóxi-3,3',4-trihidroxí- β -caroteno, sendo o licopeno o principal pigmento (86% de 62 $\mu\text{g/g}$). A quantidade de β -caroteno encontrada foi pequena ($3,7 \pm 0,7 \mu\text{g/g}$) implicando em um valor de vitamina A relativamente baixo (617 UI/100g).

2. Os mesmos carotenóides foram encontrados em goiabas de Fortaleza e Recife. As goiabas de Recife apresentaram além destes, mais dois pigmentos identificados como *cis*- γ -caroteno e 5,8-epóxi-zeinoxantina. Embora o teor de licopeno fosse próximo ou menor ao encontrado na goiaba Cultivar IAC-4, o teor de β -caroteno foi maior (5,5-11,9 $\mu\text{g/g}$), refletindo em maior valor de vitamina A (917-1983 UI/100g).

3. As goiabas Cultivar IAC-4 apresentaram um valor de vitamina C ($97,7 \pm 12,4 \text{ mg/100g}$), bem maior que o teor desta nas goiabas do Nordeste (92,2-52,2 mg/100g).

4. Durante processamento do suco de goiaba IAC-4 as principais mudanças ocorridas foram a perda de 13,5% de licopeno e a isomerização do *trans*-licopeno para *cis*-licopeno. Também foi observado o aparecimento de um pigmento com características semelhantes ao ζ -caroteno, possivelmente um intermediário de degradação. A perda de vitamina C foi de 11% enquanto que não houve perda do valor de vitamina A, pois, o teor de β -caroteno não foi alterado.

5. Durante 10 meses de estocagem do suco ocorreram diminuição no teor de licopeno e de *cis*-licopeno, 25% e 63%, respectivamente. O teor de β -caroteno permaneceu constante. Foram encontrados traços de epóxidos (5,6,5',6'-diepóxi- β -caroteno e 5,8-epóxi-zeinoxantina) e de 0,1 a 0,3 $\mu\text{g/g}$ do pigmento semelhante ao ζ -caroteno. A perda de vitamina C foi de 46%.

6. O suco de goiaba Cultivar IAC-4 apresentou maior conteúdo de carotenóides totais (29,1 $\mu\text{g/g}$), que os sucos comerciais marca A (16,8 $\mu\text{g/g}$) e marca B (6,9 $\mu\text{g/g}$). A marca B, especialmente, apresentou baixo valor de vitamina A. Os sucos comerciais continham cantaxantina, que é empregada comercialmente como corante e que aparentemente foi adicionada com objetivo de melhorar a cor dos sucos.

7. Quanto à vitamina C, o teor encontrado no suco IAC-4 (35,4 mg/100g) foi bem maior que para a marca B (7,4 mg/100g). Para a marca A, a quantidade foi maior (44,9 mg/100g), devido à adição da mesma pelo fabricante, como foi especificado no rótulo. O suco marca B apresentou teor de açúcares totais (5,7%) maior que de açúcares redutores (3,4%), evidenciando a adição de sacarose.

8. Análises sensoriais efetuadas com sucos comerciais e o suco processado de goiaba Cultivar IAC-4 indicaram que este último foi melhor em todas as características (cor, odor, gosto e preferência).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AOAC, 1980. "Official Methods of Analysis". 13th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
2. ARIMA, H.K. e RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. 1983. Dado não-publicado. Universidade Estadual de Campinas, S.P., Brasil.
3. BAUERNFEIND, I.C. 1972. Carotenoid vitamin A precursors and analogs in foods and feeds. J. Agric. Food Chem. 20:456.
4. BEN-AZIZ, A., BRITTON, G. e GOODWIN, T.W. 1973. Carotene epoxides of *Lycopersicon esculentum*. Phytochemistry 12: 2759.
5. BOSKOVIĆ, M.A. 1979. Fate of lycopene in dehydrated tomato products: carotenoid isomerization in food system. J. Food Sci. 44: 84.
6. BREKKE, J.E., TONAKI, K.L., CAVALETTO, C.G. e FRANK, H.A. 1970. Stability of guava puree concentrate during refrigerated storage. J. Food Sci. 35: 469.
7. BROSSARD, J. e MACKNNEY, G. 1963. The carotenoids of *Diospyros kaki*. (Japanese persimmons). J. Agric. Food Chem 11:501.
8. CECCHI, H.M. 1978. Pigmentos, valor de vitamina A e outras propriedades físicas, químicas e sensoriais de sucos de caju e maracujá. Tese de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, S.P.

9. CECCHI, H.M. e RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. 1981a. Carotenoid composition and vitamin A value of fresh and pasteurized cashew-apple (*Anacardium occidentale* L) juice. J. Food Sci. 46:147.
10. CECCHI, H.M. e RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. 1981b. Carotenóides e valor de vitamina A em suco de maracujã processado. Cienc. e Cult. 33: 72.
11. CHAN, H.T. Jr., BREKKE, I.E. e CHANG, T. 1971. Nonvolatile organic acids in guavas. J. Food Sci. 36: 237.
12. CHAN, H.T. Jr. e CAVALETTO, C.G. 1982. Aseptically packaged papaya and guava puree: changes in chemical and sensory quality during processing and storage. J. Food Sci. 47:1164.
13. CHAN, H.T. Jr. e KWOK, S.C.M. 1975. Identification and determination of sugars in some tropical fruit products. J. Food Sci. 40:419.
14. CHAVES, PECHNIK e MATTOSO. 1949. Citado em Moura Campos, F.A. 1958. Valor nutritivo de algumas frutas nacionais. II. Goiaba. Arq. Bras. Nutr. 14:145.
15. CHICHESTER, C.O. e McFEETERS, R. 1971. Pigment degeneration during processing and storage. Em "The Biochemistry of Fruits and their Products" vol. 2, p. 107. Academic Press, London.

16. COLE, E.R. e KAPUR, N.S. 1957a. The stability of lycopene. I - Degeneration by oxigen. J. Sci. Food Agric. 8:360.
17. COLE, E.R. e KAPUR, N.S. 1957b. The stability of lycopene. II - Oxidation during heating of tomato pulps. J. Sci. Food Agric. 8:366.
18. CURL, A.L. 1960. The carotenoids of Japanese Persimmons. J. Food Sci. 25:670.
19. CURL, A.L. 1966. The carotenoids of muskmelons. J. Food Sci. 31:759.
20. DAVIES, B.H. 1976. Carotenoids. In "Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments". vol. 2. p. 38. Academic Press, London.
21. DAVIS, W.B. 1949. Estimation of the color of tomato paste. Anal. Chem. 21:1500.
22. DIAZ DELGADO, D. e VILLALOBOS CRUZ, M. 1974. Preservation of tropical fruit pulps by a chemical additive. Rev. Inst. Invest. Technol. 16 (88):7.
23. EL-TINAY, A.H. 1969. Tese de Doutorado. Citado em CHICHESTER, C.O. e MACFEETERS, R. 1971. Pigment Degeneration During Processing and Storage. Em "The Biochemistry of Fruits and their Products". Academic Press, London.

24. EL-TINAY, A.H. e CHICHESTER, C.O. 1970. Oxidation of β -carotene. Site of Initial Attack. J. Org. Chem. 35:2290.
25. EL-TINAY, A.H., SAEED, A.R. e BEDRI, M.F. 1979. Fractionation and characterization of guava pectic substances. J. Food Technol. 14:343.
26. EL-WAKEEL, A.T., EZZAT, A.H. e OSMAN, M.H. 1975. A new selected Egyptian guava variety. Agric. Res. Rev. 53 (3):19.
27. FERRO, R.M.L. e CASTELBLANCO, R.H. 1969. Extration and characterization of pectin from 2 varieties of guava (*Psidium guava* L). Rev. Inst. Investig. Technol. 11(57):30.
28. FODA, Y.H., HAMED, M.G.E. e ABD-ALLAH, M.A. 1970. Preservation of orange and guava juices by freeze-drying. Food. Technol. 24:1392.
29. FONSECA, H., NOGUEIRA, J.N. e MARCONDES, A.M.S. 1969. Teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em frutas e hortaliças brasileiras. Arch. Latinoamer. Nutr. 19:9.
30. FRANCO, M.R.B. e RODRIGUE-AMAYA, D.B. 1983. Trapping of soursop (*Annona muricata*) juice volatiles of Porapak Q by suction. J. Sci. Food Agric. 34:293.
31. GARCIA, J.L.M. 1978. II - Matéria Prima. Em "Frutas tropicais 6 Goiaba ", p. 47. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, S.P.

32. GEBHARDT, S.E., ELKINS, E.R. e HUMPHREY, J. 1977. Comparison of two methods for determining the vitamin A value of clingstone peaches. J. Agric. Food Chem. 25:469.
33. GOLDBERG e LEVY. 1951. Citado em Moura Campos, F.A. 1958. Valor nutritivo de algumas frutas nacionais. II. goiaba. Arq. Bras. Nutr. 14:145.
34. GOLDBLITH, S.A., KAREL, M. e LUSK, G. 1963. Freeze dehydration of foods. Food Technol. 17(2):139.
35. GOODWIN, T.W. 1976. Distribution of carotenoids. Em "Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments". vol. 1, p. 225. Academic Press, London.
36. GORTNER, W. A. e SINGLETON, V.L. 1961. Carotenoid pigments of pineapple fruit. II. Influence of fruits ripeners, handling and processing on pigment isomerization. J. Food Sci. 26:33.
37. GROSS, J. 1982. Carotenoid changes in juice of the ripening Dancy Tangerine (*Citrus reticulata*). Lebensm. Wiss. u. Technol. 15:36.
38. GROSS, J., CARMON, M., LIPSHITZ, A e COSTES, C. 1976. Carotenoids of Banana pulp, peel and leaves. Lebensm.-Wiss. u. Technol. 9:211.

39. GROSS, J., GABAI, M. LIFSHETZ, A. e SKLARZ, B. 1973. Carotenoids in pulp, peel and leaves of *Persea americana*. *Phytochemistry* 12:2259.
40. GUTIERREZ, L.E., CEZAR, W.P. Jr., FERRARI, S.E. e GUIMARÊS, G. L. 1976. Carboidratos solúveis em frutas. II. goiaba branca, goiaba vermelha, melancia, mamão, abacate, maracujã e moranguinho. *O Solo* 68(1):16.
41. HEIKAL, H.A., KAMEL, S.I., SADEK, R., EL-MANAWATY, H. e EL-WAKEIL, F.A. 1972. Preservation of guava juice. II. A study on its freeze-dehydration. *Agric. Res. Rev.* 50(4):195.
42. HOLDSWORTH, S.D. 1979. Fruits. Em "Effects of Heating on Foodstuffs". p. 255. Applied Science Publishers Ltd., London.
43. HUSSAIN, A. e SHAH, A.H. 1975. Activity of pectic enzymes (pectinesterase and polygalacturanase) during the ripening of guava fruit. *Pakistan J. Agric. Sci.* 12(3/4):191.
44. INCAP-ICCNND. 1961. Food composition table for use in Latin America. Institute of Nutrition of Central America and Panama, Guatemala.
45. ITO, A. YAMAGUCHI, T., OHATA, T.T. e ISHIHATA, K. 1980. Studies on the qualities of subtropical fruits. II. Ascorbic acid and stone cell of guava fruits (*Psidium guajava* L). *Bol.* 30, Faculd. Agric., Univ. Kagoshima.

46. JAIN, N.L. e BORKAR, D.H. 1968. Preparation and preservation of guava pulp. *Indian Food Packer* 22(5):36.
47. JAIN, N.L. e BORKAR, D.H. 1970. Preservation and storage stability of ready-to-serve beverages from guava. *Indian Food Packer* 24(2):29.
48. JAIN, N.L. e BORKAR, D.H. 1971. Relative evaluation of pulp and water extract of guavas and of peeled and unpeeled fruit in the preparation of beverages. *Indian Food Packer* 25(6):14.
49. JOHN, J. SUBBARAYAN, C. e CAMA, H.R. 1970. Carotenoids in 3 stages of ripening of Mango. *J. Food Sci.* 35:262.
50. JUNGALWALA, F.B. e CAMA, H.R. 1963. Carotenoids in Mango (*Mangifera indica*) fruit. *Indian J. Chem.* 1(1):36.
51. KATO, K. e MARTIN, Z.L. de, 1978. III. Processamento: Produtos, Caracterização e Utilização. Em "Frutas Tropicais 6 Goiaba", p. 61. Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, S.P.
52. KATO, K. MARTIN, Z.J. de, SALOMON, E.A.G., BLEINROTH, E.W., FERREIRA, V.L.P., MIYA, E. E. e EIROA, M.N.U. 1976. Processamento da polpa asséptica de goiaba. *Col. Inst. Tecnol. Alim.* 7(2):299.
53. KHATTAK, N.K., WAHID SHAH, S.A. e MARGHOOB ALI, S. 1974. The distribution of ascorbic acid in the fruits of Peshawar area. *Pakistan J. Scient. Res.* 26:8.

54. KHURDIYA, D.S. e ROY, S.K. 1974. Studies on guava powder by cabinet drying. *Indian Food Packer* 28(5):5.
55. KIMURA, S. e SHIODA, K. 1963. Citado em Chichester, C. O. e MACFEETERS, R. 1971. Pigment Degeneration During Processing and Storage. Em "The Biochemistry of Fruits and their Products". Academic Press, London.
56. LAKSHMINARAYANA, S. e MORENO RIVERA, M.A. 1979. Promising Mexican guava selections rich in vitamin C. *Proceed. Florida State Hort. Soc.* 92:300.
57. LIVINGSTON, A.L., KNOWLES, R.E., NELSON, J.W. e KOHLER, G.O. 1968. Xanthophyll and carotene loss during pilot and industrial scale alfalfa processing. *J. Agric. Food Chem.* 16:84.
58. LOVRIC, T., SABLEK, Z e BOSKOVIĆ, M. 1970. *Cis-trans*-isomerisation of lycopene and colour stability of foam-mat dried tomato powder during storage. *J. Sci. Food Agric.* 21(2):641.
59. MARTIN, Z.J. de, CIA, G., TEIXEIRA, C.G., ANGELUCCI, E., LEITÃO, M.F.F., BLEINROTH, E.W. e TOSELO, Y. 1975. Industrialização da polpa de goiaba da variedade vermelha. *Col. Inst. Tecnol. Alim.* 6(1):11.
60. MATHEUS-ROTH, M.M., PATHAK, M.A., FITZPATRIK, T.B., HARBER, L. H. e KASS, E.H. 1977. Beta-carotene therapy for erythropoietic protoporphyria and other photosensitivity diseases. *Arch. Dermatol.* 113:1229.

61. MEDINA, M.G. 1968. Pectin, pectin esterase and ascorbic acid in pulp of tropical fruits. Arch. Latinamer. Nutr. 18:401.
62. MIERS, J.C., WONG, F.F., HARRIS, J.G. e DIETRICH, W.C. 1958. Factors affecting storage stability of spray-dried tomato powder. Food Technol. 12:542.
63. MORGAN, R.C. 1967. The carotenoids of Queensland fruits-carotenes of the watermelon (*Citullus vulgaris*): J. Food Sci. 32:275.
64. MURALIKRISHNA, M., NANJUNDASWAMY, A. M. e SIDDAPPA, G.S. guava powder-preparation, packaging and storage studies. J. Food Sci. Technol. 6(2):93.
65. MUROKI, N.M. and SAINT-HILAIRE, P. 1977. Pectin from guava (*Psidium guajava* L) Lebensm.-Wiss. u.-Technol. 10:314.
66. NAKASONE, H.Y., BREKKE, J.E. e CAVALETTI, C.G. 1976. Fruit and yield evaluation of then clones of guava (*Psidium guajava* L). Research Report 218, Hawaii Agric. Exp. Station, Hawaii.
67. NAS-NRC. 1980. Recommended dietary allowances. 9th ed. National Academy of Sciences, Washington, D.C.
68. NAS-NRC. 1982. Diet, Nutrition and Cancer. National Academic Press, Washington, D.C.

69. NIP, W.K. 1979. Development and storage stability of drum-dried guava and papaya taro flakes. J. Food Sci. 44:222.
70. NOGUEIRA, J.N., SOBRINHO J.S., VENCOSVSKY, R. E FONSECA, H. 1978. Efeito do armazenamento nos teores de ácido ascórbico e beta-caroteno em goiaba (*Psidium guajava* L) liofilizada. Arch. Latinamer. Nutr. 28:363.
71. OGATA, J.N., KAWANO, Y., BEVENUE, A e CASARETT, L.J. 1972. The ketoheptose content of some tropical fruits. J. Agric. Food Chem. 20:113.
72. OGUNLESI, A.T. e LEE, C.Y. 1979. Effect of thermal processing on the stereoisomerisation of major carotenoids and vitamin A value of carrots. Food Chem. 4:311.
73. OLIVEROS-BELARDO, L., CARDENO, V. e PEREZ, P. 1971. Physical properties of some Philippine essential oils. Flavour Ind. 2:305.
74. PAL, D.K. and SELVARAY, Y. 1979. Changes in pectin and pectin esterase activity in developing guava fruits. J. Food Sci. Technol. 16(3): 115.
75. PARAHYM. 1951. Citado em Moura Campos, F.A. 1958. Valor Nutritivo de algumas frutas nacional. II. A goiaba. Arq. Bras. Nutr. 14:145.

76. PASSOS, L.P., PINHEIRO, R.V.R., CASALI, V.W.D., STRINGHETA, P. C. e CONDÊ, A.R. 1979. Competição entre dez variedades de goiaba (*Psidium guajava* L) em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais. Rev. Ceres. 14(147):417.
77. PATTABHIRAMAN, T.R., RAO, P. e SASTRY, L.V. 1968. Preliminary studies on the preparation of odour concentrates and identification of odorous ingredients in mango and guavas. Perfumery Essential Oil Record. 59(10):733.
78. PATTABHIRAMAN, T.R., SASTRY, L.V.L. e ABRAHAM, K.O. 1969. Preparation of odour concentrates and identification of odorous ingredients in mango and guavas. II. Perfumery Essential Oil Record 60(6):233.
79. PAULING, L. 1939, Citado em Hubbard, R. e Wald, G. 1968. Pauling and carotenoid stereochemistry. Em "Structural Chemistry and Molecular Biology: a volume dedicated to Linus Pauling by his students, colleagues and friends". W.H. Freeman and Company, San Francisco.
80. PETO, R., DOLL, R., BUCKLEY, I.D. e SPORN, M.B. 1981. Can dietary beta-carotene materially reduce human cancer rates? Nature 290:201.
81. RAMAKRISHNAN, T.V. e FRANCIS, F.J. 1979. Stability of carotenoids in model aqueous systems. J. Food Qual. 2:177.

BC/5077

82. RAMAKRISHNAN, T.V. e FRANCIS, F.J. 1980. Autoxidation of carotenoids in their relative polarity. J. Food Qual. 3:25.
83. REYS, F.G.R., SOLORZANO MARIN, M. e BOLANOS, M.A. 1976. Determinação de pectina em goiaba (*Psidium guajava*). Rev. Bras. Tecnol. 7:313.
84. RIVAS, N. 1964. Estudio das variedades de guayaba. Fac. Agron. Univ. Central de Venezuela. Não-publicado. Citado em Czynrinciw, N. 1969. Tropical fruit technology. Em "Advances in Food Research", vol. 17, p. 153. Academic Press, New York.
85. RODRIGUEZ, D.B., RAYMUNDO, L.C., LEE, T.C., SIMPSON, K.L. e CHICHESTER, C.O. 1976. Carotenoid pigment changes in ripening *Momordica charantia* fruits. Ann. Bot. 4:615.
86. SALOMON, E.A.G., MARTIN, Z.J., FERREIRA, V.L.P., KATO, K. e MORI, E.E.M. 1977. Comparação de produtos de goiaba provenientes de polpa conservada com metabissulfito de sódio e polpa congelada. Bol. Inst. Tecnol. Alim. 50:137.
87. SALOMON, E.A.G., MARTIN, Z.J. de, KATO, K., FERREIRA, V. L.P., EIROA, M.N.V. e BLEINROTH, E.W. 1976. Conservação de polpa de goiaba em grandes recipientes por meio de metabissulfito de sódio. Colet. Inst. Tecnol. Alim 7(1):217.

88. SANCHEZ, F.N., HERNANDEZ, I. e BUESO de VINAS, C. 1970. Effect of several heat treatments on quality and shelf-life of a frozen guava nectar base. *J. Agric. Univ. Puerto Rico* 54 (2):211.
89. SHAH, W.H., SUFI, N.A. e ZAFAR, S-I. 1975. Studies in the storage stability of guava fruit juice. *Pakistan J. Scient. Ind. Res.* 18(3/4):179.
90. SHASTRI, P.N. e SHASTRI, N.V. 1975. Studies of pectin methyl esterase activity during development and ripening of guava fruit. *J. Food Sci. Technol.* 12(1):12.
91. SINGH, B.P., SINGH, H.K. e CHAUHAN, K.S. 1981. Effect of Post-harvest calcium treatments on the storage life of guava fruits. *Indian J. Agric. Sci.* 51(1):44.
92. STEVENS, K.L., BREKKE, J.E. e STERN, D.J. 1970. Volatile constituents in guava. *J. Agric. Food Chem.* 18:598.
93. STEWART, I. 1977. Pro-vitamin A and carotenoid composition of citrus juice. *J. Agric. Food Chem.* 25:1132.
94. SUBBARAYAN, C. e CAMA, H.R. 1964. Carotenoids in *Carica papaya* (Papaya fruit). *Indian J. Chem.* 2:451.
95. SUFI, N.A., MWALE, J.M. e KAPUTO, M.T. 1976. Production and storage stability of a carbonated guava beverage. *Zambia J. Sci. Technol.* 1(4):126.

96. TORLINE, P. e BALLSCHMIETER, H.M.B. 1973. Volatile constituents from guava. I. A comparison of extraction methods. *Lebensm-Wiss. u. - Technol.* 6(1):32.
97. VALADON, L.R.G. e MUMMERY, R.S. 1981. Effect of canning and storage on carotenoids (vitamin A activity) and Vitamin C in Spanish and Turkish oranges. *J. Sci. Food Agric.* 32:737.
98. WENKAM, N.S. e MILLER, C.D. 1965. Composition of Hawaii fruits. *Bol.* 135, Univ. of Hawaii.
99. WILSON, C.W. III e SHAW, P.E. 1978b. Terpene hydrocarbons from *Psidium guajava*. *Phytochemistry* 17:1435.
100. WILSON, C.W. III e SHAW, P.E. 1978a. Chemistry of guava fruit (*Psidium guajava*). Abstracts of Papers, Am. Chem. Soc. 176, AGFD 46.
101. WONG, F.F. e BOHART, G.S. 1957. Observations on the color of vacuum-dried tomato juice powder during storage. *Food Technol.* 11:293.



Goiabas Cultivar IAC-4. Lote de 1981

SÚCO DE GOIABA

NOME: _____ DATA: _____

Por favor, prove cada amostra e dê a sua opinião sobre: ODOR, SABOR, PREFERÊNCIA e COR, usando as escalas abaixo. Se desejar, faça outros comentários.

<u>ODOR</u>	Não	Característico
Nº Amostra	Característico	
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

<u>SABOR</u>	Muito	Muito
Nº Amostra	Ruim	Bom
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

<u>PREFERÊNCIA</u>	Desgostei	Gostei
Nº Amostra	Muito	Muitíssimo
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

<u>COR</u>	Não	Característica
Nº Amostra	Característica	
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Comentários: _____



Suco de goiaba Cultivar IAC-4 logo após processamento (2) e sucos comerciais marcas A (3) e B (1)