

ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE  
MAMÕES (*Carica papaya* L.) DOS GRUPOS “FORMOSA” (*Tainung 01*)  
E “SOLO” (*Golden*), COM E SEM MANCHA FISIOLÓGICA, COLHIDOS  
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

**LEANDRO MARELLI DE SOUZA**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE – UENF  
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
AGOSTO/2004

ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE  
MAMÕES (*Carica papaya* L.) DOS GRUPOS “FORMOSA” (*Tainung 01*)  
E “SOLO” (*Golden*), COM E SEM MANCHA FISIOLÓGICA, COLHIDOS  
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

**LEANDRO MARELLI DE SOUZA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientadora: Karla Silva Ferreira

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

AGOSTO DE 2004

ALGUMAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DE  
MAMÕES (*Carica papaya* L.) DOS GRUPOS “FORMOSA” (*Tainung 01*)  
E “SOLO” (*Golden*), COM E SEM MANCHA FISIOLÓGICA, COLHIDOS  
EM DIFERENTES ESTÁDIOS DE MATURAÇÃO

**LEANDRO MARELLI DE SOUZA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovada em 20 de agosto de 2004.

Comissão Examinadora:

---

Prof. José Benício Paes Chaves. Ph.D., Food Science – UFV

---

Prof. Sergio Luiz Cardoso. D.Sc., Química – UENF

---

Prof<sup>a</sup>. Sílvia M. de F. Pereira. D.Sc., Engenharia e Ciências dos Materiais – UENF

---

Prof<sup>a</sup>. Karla Silva Ferreira. D.Sc., Ciências e Tecnologia de Alimentos – UENF  
(Orientadora)

Dedico o presente trabalho ao meu filho, Vitor Monteiro de Souza, e ao meu sobrinho e afilhado, João Pedro de Souza Prúcole, e a todos que acreditam que o amanhã será sempre melhor.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Pai Celestial, único dono e criador do universo, capaz de glórias e graças.

À Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), pela oportunidade de realização, fornecimento de bolsa de estudos e infra-estrutura necessária para a realização do curso e do trabalho ora apresentado;

À FAPERJ, pela concessão dos recursos financeiros indispensáveis ao projeto;

À CALIMAN AGRÍCOL S/A, pela parceria neste trabalho de pesquisa;

À Professora Karla Silva Ferreira, pela confiança em mim depositada e competência na orientação;

À Pesquisadora Sílvia Menezes de Faria Pereira, pelas valiosas dicas e pelo carinho com que me atendia nos momentos de necessidade;

Ao Professor José Tarcísio Lima Thiébaud, pelo apoio na área de estatística;

Ao Professor Sergio Luiz Cardoso, pelas indispensáveis contribuições feitas na defesa do projeto de tese e na defesa de tese, entre outras;

À Professora Cláudia Sales Marinho, pelas valiosas contribuições na defesa do projeto de tese;

Aos Professores do Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), Romeu Vianni (in memoriam), Eder Dutra Resende e Meire Lélis Leal Martins;

Aos funcionários Paulo Sergio Oliveira de Castro e Valdinéia Estephanele Pinto, pela indispensável ajuda por eles prestada;

Aos amigos de república Marcio Tareshi Sugawara e Robson Mendes de Paulo, pela tolerância e a grande amizade formada no período de convívio;

Ao bolsista e amigo Adler Viter Bernardo Laurindo, pelo inestimável apoio e colaboração no dia-a-dia do laboratório;

Aos amigos de laboratório Tereza, Hugo, Letícia, Thais, Derliane, Ana Lucia, Lanamar, Fátima, Edson, Renata, Thiago e Silvana;

A todos os colegas que angariei no período do curso;

À Anandra de Souza da Silva, pelo amor e ajuda a mim dedicados;

Aos meus amigos de muitas datas Lazaro, Lorena, Simone, Rosemary, Prudenciana (Pupu), Ângela, Marcel, Marcela, Matheus, Gisele, Nelson e todos que acreditaram e acreditam na minha amizade e companheirismo;

Aos meus pais, João Batista de Souza e Elizabete Marelli de Souza, pois nasci de bons pais;

Aos meus irmãos, Luciano Marelli de Souza e Lídia Marelli de Souza;

Ao meu filho Vitor Monteiro de Souza, por ser um ótimo filho e um prêmio para mim;

À mãe de meu filho, Elizabete Monteiro, pela compreensão;

A Maurino Vasconcellos e Wilma Vasconcellos, pelas colaborações nos momentos difíceis e o apoio no dia a dia, por mim e pela minha família;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

INDICE DE TABELAS .....	VIII
INDICE DE FIGURAS .....	X
INDICE DE QUADROS DO APÊNDICE .....	XII
RESUMO .....	XIII
ABSTRACT .....	XV
1.0 INTRODUÇÃO .....	1
2.0 REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1 Mamoeiro .....	4
2.1.1 Origem e características gerais .....	4
2.1.2 A produção nacional e o mercado .....	5
2.1.3 Características dos frutos do mamoeiro .....	9
2.1.4 Ponto de colheita e classificação .....	11
2.1.5 Problemas fitossanitários .....	13
2.2 Vitaminas .....	14
2.2.1 Efeitos biológicos .....	14
2.2.2 Vitamina C .....	15
2.2.2.1 Efeitos biológicos da vitamina C .....	15
2.2.2.2 Biossíntese e degradação do ácido L-ascórbico ou ascorbato .....	18
2.2.3 Vitamina A .....	27
2.3 Pigmentos carotenóides .....	30
2.3.1 Considerações gerais .....	30
2.3.2 Características gerais dos carotenóides .....	31

2.3.3	Biossíntese de carotenóides .....	35
2.4	Valor nutritivo e algumas características físicas e químicas dos frutos do mamoeiro .....	37
3.0	MATERIAL E MÉTODOS .....	39
3.1	Amostras .....	39
3.2	Análises estatísticas .....	42
3.3	Análises físicas e químicas .....	43
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
4.1	Peso médio dos frutos .....	47
4.2	Perda de peso dos frutos .....	50
4.3	Acidez titulável (AT) .....	52
4.4	pH e sólidos solúveis (SS).....	54
4.5	Ácido L-ascórbico (vitamina C) .....	58
4.6	$\beta$ -caroteno e licopeno .....	61
5.0	CONCLUSÕES .....	68
6.0	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	70
7.0	APÊNDICE .....	82

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – Quantidade de mamão exportado e o crescimento .....	6
TABELA 2 – Quantidade de mamão exportado pelo Brasil até setembro do ano de 2004 e os principais Estados exportadores .....	8
TABELA 3 – Características visuais dos estádios de maturação dos frutos de mamão ( <i>Carica papaya</i> L.) .....	12
TABELA 4 – Peso dos frutos do híbrido <i>Tainung 01</i> e da cv. <i>Golden</i> sadios e acometidos pela mancha fisiológica, colhidos em diferentes épocas e estádios de maturação .....	49
TABELA 5 – Perda de peso total dos frutos em gramas (PT) e porcentagem que esta perda de peso representa em relação ao peso inicial dos frutos .....	51
TABELA 6 – Médias de acidez na polpa de frutos sadios e com mancha fisiológica, coletados em diferentes épocas e estádios de maturação .....	53
TABELA 7 – Média dos valores de pH e porcentagem de sólidos solúveis (SS) na polpa dos frutos estudados .....	55
TABELA 8 – Valores de pH das polpas dos frutos com mancha e sem mancha, colhidos em diferentes estádios de maturação .....	56
TABELA 9 – Média dos valores de pH e porcentagem de sólido solúveis (SS) na polpa dos frutos estudados, considerando-se apenas a época de coleta .....	57
TABELA 10 – Médias dos teores de ácido L-ascórbico (AA) nos frutos estudados, em mg 100 <sup>-1</sup> g de polpa .....	59

TABELA 11 – Teores médios de ácido L-ascórbico na polpa dos frutos <i>Tainung 01</i> e <i>Golden</i> , sem e com mancha fisiológica .....	60
TABELA 12 – Teores de licopeno e $\beta$ -caroteno na polpa dos frutos estudados .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – Área colhida em hectares e produção de mamão no Brasil em 2000 .....	7
FIGURA 2 – Possíveis rotas da biossíntese do ácido L-ascórbico em vegetais a partir da D-glucose .....	19
FIGURA 3 – Vias secundárias do metabolismo da glicose através do UDP-glicuronato formando ácido L-ascórbico .....	20
FIGURA 4 – Ciclo das xantofilas.....	22
FIGURA 5 – Mudanças diárias nos teores de xantofilas em função da irradiância, em folhas de girassol ( <i>Helianthus annuus</i> ) .....	23
FIGURA 6 – Equações químicas e as principais enzimas envolvidas na formação e degradação de espécies ativas de oxigênio (EAO's) em plantas. Radical monodehidroascórbico (MDA <sup>[*]</sup> ) .....	25
FIGURA 7 – Esquema geral dos mecanismos de degradações oxidativa e anaeróbicas do ácido L-ascórbico. Ácido ascórbico completamente protonado (AH <sub>2</sub> ); monodehidroascórbico (AH <sup>-</sup> ); semidehidroascórbico (AH <sup>•</sup> ); ácido dehidroascórbico (A); ácido 2-furônico (FA); 2-furadehidro (F); ácido dicetogulônico (DKG); 3-desoxipentose (DP); xilose (X); catalisador metálico (Mn <sup>+</sup> ); radical peróxido (HO <sub>2</sub> ) .....	26
FIGURA 8 – Fórmula estrutural dos principais retinóides com atividade de vitamina A .....	28
FIGURA 9 – Estrutura e atividades relativas de pró-vitamina A de alguns carotenóides .....	33

FIGURA 10 – Biossíntese de carotenóides e xantofilas. A rota para a conversão do geranilgeranil difosfato a licopeno é ilustrada na metade superior da Figura, e a conversão do licopeno para $\alpha$ - e $\beta$ -caroteno e de $\beta$ -caroteno para xantofilas é ilustrada na metade inferior da Figura .....	36
FIGURA 11 – Frutos com mancha, híbrido <i>Tainung 01</i> , no dia 06 de fevereiro de 2004, dia da chegada do fruto no laboratório .....	40
FIGURA 12 – Frutos com mancha, híbrido <i>Tainung 01</i> , considerados “maduros”. Estes frutos são os mesmos ilustrados na Figura 11 .....	40
FIGURA 13 – Cromatograma típico de carotenóides da polpa de frutos da cv. <i>Golden</i> .....	65
FIGURA 14 – Cromatograma típico de carotenóides da polpa de frutos do híbrido <i>Tainung 01</i> .....	66
FIGURA 15 – Cromatograma do padrão de licopeno .....	67
FIGURA 16 – Cromatograma do padrão de $\beta$ -caroteno .....	67

## ÍNDICE DE QUADROS DO APÊNDICE

QUADRO 1 – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de pH e sólido solúveis (SS), na polpa dos frutos estudados .....	83
QUADRO 1A – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de pH, na interação estágio de maturação/mancha .....	83
QUADRO 1B – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de pH na interação estágio de maturação/época de colheita .....	84
QUADRO 2 – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de ácido L-ascórbico, na polpa dos frutos estudados .....	84
QUADRO 3 – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de $\beta$ -caroteno e licopeno, na polpa dos frutos estudados .....	85
QUADRO 3 A – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de licopeno e $\beta$ -caroteno, na interação estágio de maturação/mancha .....	86
QUADRO 3 B – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de licopeno e $\beta$ -caroteno, na interação estágio de maturação/época de colheita .....	86

## RESUMO

SOUZA, LEANDRO MARELLI, Biólogo M.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense, agosto de 2004, Algumas características físicas e químicas de mamões (*Carica papaya* L) dos grupos “Formosa” (*Tainung 01*) e “Solo” (*Golden*), com e sem mancha fisiológica, colhidos em diferentes estádios de maturação. Orientadora: Prof<sup>a</sup> Karla Silva Ferreira.

Este trabalho teve o objetivo de quantificar os teores de ácido L-ascórbico,  $\beta$ -caroteno, licopeno, sólidos solúveis, acidez total e valores de pH de frutos de mamão sem mancha fisiológica e acometidos com a Mancha Fisiológica do Mamão (MFM), colhidos em diferentes épocas e estádios de maturação. Foram estudados frutos *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 e fevereiro de 2004 e *Golden* coletados em março de 2003, num total de 120 frutos. Foram selecionados 10 frutos com MFM e 10 frutos sem MFM em dois estádios de maturação. Os estádio de maturação foram com até 15% da superfície da casca amarela (maturação 1) e até 25% da superfície da casca amarela (maturação 2). Os valores de pH situaram-se entre 5,21 e 5,46, não havendo diferença significativa entre os valores observados entre os frutos acometidos com a Mancha Fisiológica do Mamão (MFM) e frutos sem a MFM. Com relação aos estádios de maturação, houve diferença significativa para a cv *Golden* e híbrido *Tainung 01* coleta de fevereiro de 2004. Na cv *Golden* os valores foram de 5,40 e 5,34 e híbrido *Tainung 01* 5,21 e 5,32 para os estádios de maturação 1 e 2, respectivamente. A porcentagem de sólidos solúveis situou-se entre 10,5 e 12,8. Os frutos colhidos no estádio de maturação 1 apresentaram teores de sólidos solúveis, aproximadamente, 1% menor que os colhidos no estádio de maturação 2. Não houve diferença

significativa entre os valores observados entre os frutos acometidos com a mancha fisiológica do mamão (MFM) e frutos sem a MFM. A acidez titulável, expressa em porcentagem de ácido cítrico, foi de 0,16 a 0,18% nos frutos do híbrido *Tainung 01* e 0,17 a 0,19% na cv *Goden*. Os teores médios de ácido L-ascórbico (AA) foram de 69,8, 62,0 e 107,0 mg AA.100<sup>-1</sup>g de polpa no *Tainung 01* coleta de janeiro de 2003, de fevereiro de 2004 e na cv. *Golden*, respectivamente. Nos frutos com mancha fisiológica, independente da época de colheita e genótipo, os teores de ácido L-ascórbico foram mais elevados que nos sem mancha. Os teores de licopeno foram de 14,4 a 33,9 µg/g de polpa. O menor teor foi detectado na cv *Golden* colhida no estágio de maturação 1 e o teor mais elevado nos frutos *Tainung 01* coletados no estágio de maturação 2 em fevereiro de 2004. Os teores de licopeno foram mais elevados nos frutos colhidos no estágio de maturação 2, embora só tenha havido diferença significativa no caso dos híbridos *Tainung 01*. Com relação à presença da MFM, não houve diferença significativa entre os valores observados nos frutos acometidos com a MFM e os frutos sem a MFM. Os teores de β-caroteno situaram-se entre 1,9 e 5,6 µg/g de polpa. O menor teor foi detectado nos frutos *Tainung 01* coletados no estágio de maturação 2 em fevereiro de 2004 e o mais elevado nos *Tainung 01* coletados no estágio de maturação 2 em janeiro de 2003. Não houve diferença entre frutos com e sem mancha, entretanto, os teores foram mais elevados nos frutos coletados no estágio de maturação 2, com exceção dos *Tainung 01* de fevereiro de 2004. O peso médio dos frutos do híbrido *Tainung 01* foi de 1094 a 1551 g. Na cultivar *Golden*, o peso variou entre 367 a 407 g. A perda de peso durante o período de armazenamento foi, em média, de 51g para os frutos *Tainung 01* e 26g para os frutos da cv *Golden*, o que corresponde a 3,6% e 6,7% do peso total desses frutos, respectivamente.

## ABSTRACT

SOUZA, LEANDRO MARELLI, Biologist, M.Sc.; State University of North Fluminense, August 2004. Some physical-chemical characteristics of "Formosa" (*Tainung 01*) and "Solo" (*Golden*) papayas (*Carica papaya* L), with and without physiologic spots, collected in different stages of maturation. Counselor: Prof. Karla Silva Ferreira.

The present work has the aim of quantifying the rates of L-ascorbic acid,  $\beta$ -carotene, lycopene, soluble solids, total acidity and pH values of healthy and attacked by the skin freckles papaya fruits (MFM), collected in different periods and maturation stages. There have been studied *Tainung 01* fruits collected in January 2003 and February 2004, and *Golden* fruits collected in March 2003, coming down to 120 fruits. 10 fruits with MFM and 10 fruits without MFM have been collected in two maturation stages. The maturation stages were: with up to 15% yellow skin surface (maturation 1), and up to 25% yellow skin surface (maturation 2). The pH values were between 5.21 and 5.46, with no significant difference among the values found for the fruits attacked by the skin freckles papaya fruits (MFM) and the fruits without MFM. With regards to the maturation stages, there was a significant difference for *Golden cv* and *Tainung 01* hybrid collected in February 2004. In the *Golden cv*, the values for the maturation stages 1 and 2 were 5.40 and 5.34, and the *Tainung 01* hybrid had 5.21 and 5.32, respectively. The percentage of soluble solids was between 10.5 and 12.8. The fruits collected in the maturation stage 1 had shown soluble solids rate nearly 1% smaller than those collected in the maturation stage 2. There was no significant difference among the values observed for the fruits attacked

by the MFM and the fruits without MFM. The titled acidity, expressed in citric acid percentage, was 0.16 to 0.18% in *Tainung 01* hybrid fruits and 0.17 to 0.19% in *Golden cv*. The average L-ascorbic acid (AA) rates were 69.8, 62.0 and 107.0 mg AA.100<sup>-1</sup>g pulp in *Tainung 01* collected in January 2003, February 2004 and *Golden cv*, respectively. In the fruits with skin freckles papaya fruits (MFM), independent the time of harvesting and the genotype, the L-ascorbic acid rates were higher than in the ones without spots. Lycopene rates were 14.4 to 33.9 µg/g pulp. The smaller rate was detected in the *Golden cv* collected in the maturation stage 1 and the highest one in *Tainung 01* fruits collected in the maturation stage 2 in February 2004. The lycopene rates were higher in the fruits collected in the maturation stage 2, although significant difference has only been found in the case of the *Tainung 01* hybrids. In relation to the presence of MFM, there was no significant difference among the values observed for the fruits attacked by MFM and the fruits without MFM. The β-carotene rates were between 1.9 and 5.6 µg/g pulp. The smaller rate was detected in the *Tainung 01* fruits collected in the maturation stage 2 in February 2004 and the highest in the *Tainung 01* fruits collected in the maturation stage 2 in January 2003. There was no difference among fruits with or without spots, however the rates were higher in the fruits collected in the maturation stage 2, except the *Tainung 01* collected in February 2004. The average weight of the *Tainung 01* hybrid fruits was from 1094 to 1551 g. In the *Golden cv* weight varied from 367 to 407 g. The weight loss during the storage period was, in average, 51g for *Tainung 01* fruits and 26g for *Golden cv* fruits, what responds for 3.6% and 6.7% of the total weight of these fruits, respectively.

## 1.0 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas. A produção brasileira está distribuída por todas as regiões, com predominância das espécies de clima subtropical e temperado nas regiões Sul e Sudeste, enquanto as de clima tropical estão mais presentes nas regiões Norte e Nordeste (Almeida, 2003).

A possibilidade de produção ao longo do ano, o alto rendimento e elevado valor nutricional fazem da fruticultura o segmento que mais cresce no setor agrícola brasileiro, contribuindo com um Produto Interno Bruto (PIB) de 11 bilhões de dólares anuais e gerando 5,6 milhões de empregos diretos (Filho e Dantas, 2003). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2003), considerando o valor da produção por área colhida em 2001, uma medida relativa de eficiência, o mamão ocupa a segunda posição, perdendo apenas para a cultura da uva.

O Brasil é o primeiro produtor mundial de mamão, tendo apresentado em 1998, uma produção de 1.700.000 toneladas, participando com 33,5% de toda a produção mundial. As exportações de mamão papaya representam um volume considerável no total de exportações brasileiras. A cada ano o número é elevado, inclusive para países extremamente criteriosos, como os Estados Unidos, onde houve um aumento de quase 20% em 2001. Este crescimento tem ocorrido para o mamão papaya "in natura" produzido no Estado do Espírito Santo, que foi o primeiro a adotar o programa de exportação que utiliza o sistema integrado de medidas para diminuição de risco, Systems Approach, o que permite exportar a fruta sem que seja realizado tratamento quarentenário (BRAPEX, 2005). Os trabalhos de supervisão do monitoramento, inspeção das lavouras e certificação das frutas são realizados exclusivamente pelos técnicos da Delegacia Federal de Agricultura do Espírito

Santo - DFA/ES (Martins e Malavasi, 2003). As primeiras exportações ocorreram em setembro de 1998. O Estado do Espírito Santo é o maior exportador. Do total de 39.428 toneladas exportadas em 2003, o Estado do Espírito Santo exportou, aproximadamente, 27.480 toneladas (69,7%), seguido pelo Rio Grande do Norte, com 7.043 toneladas (17,9%) e Bahia, com 3.156 toneladas (8,0%). Os Estados de São Paulo e Paraíba representam, juntos, os 4,4% restantes (BRAPEX, 2005).

Os frutos no estágio inicial de maturação (menos que 10% da casca amarela) podem ser destinados à exportação por via marítima. Optando-se pelo embarque aéreo, os frutos podem ser enviados num estágio mais maduro (de 10 a 25% da casca amarela), pois atingirão o mercado em condições ideais de comercialização. Entretanto, frutos colhidos em estágio mais maduro têm melhor sabor, por possuírem teor de açúcar mais elevado do que frutos colhidos em estágio de maturação menos avançado (Balbino, 2003).

A produção nacional do mamão é basicamente formada pelos grupos 'Solo' e 'Formosa'. O 'Formosa' é destinado, principalmente, ao mercado interno e o Havaí, mamão pertencente ao grupo 'Solo', tanto para o mercado interno como para o externo. Para a exportação, as cultivares do grupo 'Solo', *Sunrise Solo*, *Improved Sunrise Solo Line 72/12*, que são muito suscetíveis à Mancha Fisiológica do Mamão (MFM), estão sendo substituídas pela cultivar *Sunrise Golden*, bem mais resistente à MFM (Brasil, 1994).

A MFM é uma desordem que consiste na presença de pústulas na casca dos frutos, que depreciam sua aparência externa, prejudicando o comércio interno e, principalmente, a exportação (Kaiser et al., 1996). O comprometimento causado pela MFM é uma das maiores limitações para a venda dos frutos no mercado externo, que exige um fruto livre de manchas (Eloísa et. al., 1994). Existem relatos de que a perda causada pela MFM pode atingir até 40% da produção. Segundo informação da empresa Caliman S.A., localizada em Linhares, Estado do Espírito Santo, em certas épocas de maior incidência da MFM, a exportação para os mercados europeu e americano é reduzida consideravelmente. Normalmente, esta empresa exporta em torno de 70% da produção quando não ocorre o problema da MFM (Lima, 2003).

Segundo Kaiser et al. (1996), a MFM não prejudica o valor nutritivo dos frutos, uma vez que as alterações se restringem à parte externa dos frutos. Entretanto, os relatos na literatura são escassos sobre teores de micronutrientes em frutos de mamão acometidos com a MFM.

Os consumidores têm sido induzidos a aliar sabor e valor nutritivo em suas escolhas alimentares. Dentre as substâncias que têm chamado a atenção dos consumidores, destacam-se a vitamina C, o  $\beta$ -caroteno e o licopeno, em razão de suas funções antioxidantes. Estas substâncias não são sintetizadas pelos seres humanos, devendo ser fornecidas pela alimentação (Fennema, 2000; Shi e Maguer, 2000). O ácido L-ascórbico, principal forma ativa da vitamina C, e o  $\beta$ -caroteno, um derivado do licopeno, atuam no mecanismo fotossintético. Juntos, participam da dissipação do excesso de energia luminosa absorvida, quando ocorre um aumento excessivo na luminosidade, sob a forma de calor e também da eliminação de muitas espécies reativas de oxigênio (Taiz e Zeiger, 2004). Segundo Smirnoff (1996), a incidência de luz solar é um fator que estimula a síntese de ácido L-ascórbico pelas plantas.

O objetivo deste trabalho foi quantificar os teores de ácido L-ascórbico,  $\beta$ -caroteno, licopeno, sólidos solúveis, acidez e valores de pH de frutos de mamão sadios e acometidos com a MFM das cultivares *Tainung 01* e *Golden* colhidos em dois estádios de maturação e em três diferentes datas.

## 2.0 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Mamoeiro

#### 2.1.1 Origem e características gerais

A espécie *Carica papaya* L. foi descoberta pelos espanhóis no Panamá. É uma planta herbácea, tipicamente tropical, cujo centro de origem é, provavelmente, o noroeste da América do Sul, onde sua diversidade genética é máxima (Dantas, 2000). É uma planta de haste única, ereta, flexível, encimada por uma coroa de folhas. Possui uma vida útil de três a quatro anos (Simão, 1998).

A cultura do mamoeiro (*Carica papaya* L.) está difundida em regiões que apresentam clima tropical, pluviosidade elevada, solos férteis e bem drenados (Marin et al., 1987). A temperatura mais favorável é ao redor de 25°C. Sua exigência em umidade é grande, pois aproximadamente 85% da planta e do fruto são constituídos de água (Simão, 1998).

Marin e Silva (1996) descrevem que até fins da década de 70 predominava no Brasil o cultivo de mamoeiro dióico ou “comum”. Nesta época, o Estado de São Paulo destacava-se como o principal produtor, porém a ocorrência do vírus do mosaico, na região de Monte Alto – SP, determinou a migração da cultura para outros Estados.

As lavouras estão localizadas em áreas de relevo propício à mecanização, típicas dos tabuleiros costeiros, onde as pequenas variações de temperatura favorecem o desenvolvimento da cultura ao longo do ano. Quanto aos solos, são em geral da classe dos latossolos, os quais ocupam as maiores extensões seguidos

pelos argissolos, que são de baixa fertilidade e têm como principal peculiaridade a presença de horizontes coesos subsuperficiais, fortemente adensados, que restringem o movimento de água no perfil do solo e o aprofundamento do sistema radicular (Salgado e Costa, 2003). Mas o mamoeiro se adapta aos mais variados tipos de solo, com pH entre 5,5 e 6,5 (Simão, 1998).

### **2.1.2 A produção nacional e o mercado**

No Brasil, o mamoeiro é cultivado em todo o território, merecendo destaque os Estados da Bahia e Espírito Santo, que são responsáveis por cerca de 83% da produção nacional (Souza, 2000). Nestas regiões, a introdução de cultivares havaianas do grupo 'Solo' e de híbridos chineses do grupo 'Formosa', a partir de 1976, possibilitou que a exploração do mamoeiro, em poucos anos, se tornasse de grande importância econômica (Pereira, 2003).

A partir de 1977, o Brasil passou a ser o principal país produtor de mamão, atingindo 1.500.000 toneladas em 2002, representando, aproximadamente, 26,8% da produção mundial, que foi de 5.591.000 toneladas (Junior e Manica, 2002). Esta produção é obtida em uma área cultivada de pouco mais que 42.000 hectares (Alves, 2003).

Basicamente dois grupos de variedades se destacam no cultivo de mamão: o pertencente ao grupo 'Solo' e ao grupo 'Formosa'. Dentre as variedades do grupo 'Solo', destacam-se as cultivares *Sunrise Solo*, *Improved Sunrise Solo Line 72/12* e *Baixinho de Santa Amália*. Em virtude da maior exigência do mercado externo (EUA), as cultivares *Sunrise Solo*, *Improved Sunrise Solo Line 72/12*, que são muito susceptíveis à Mancha Fisiológica do Mamão (MFM), estão sendo substituídas pela cultivar *Sunrise Golden*. Do grupo 'Formosa', destacam-se os híbridos *Tainung 01*, *Tainung 02* e *Tainung 03* (Brasil, 1994).

Na região Nordeste se concentra a maior área de plantio, cerca de 30 mil ha. A região Sudeste é a segunda maior produtora, com 7 mil ha. Seguem pela ordem as regiões Norte, com 3 mil ha, Sul, com 484 ha, e Centro-Oeste, com 300 ha. O rendimento médio da cultura, considerando-se a produção de todas as regiões em conjunto, é da ordem de 37.589 frutos/ha. Entretanto, na região Sudeste, a cultura apresenta um rendimento muito elevado, 75.442 frutos/ha. Destaca-se, nesta região,

o rendimento das lavouras de boas condições tecnológicas do Estado do Espírito Santo, onde os plantios de mamão apresentam alta produtividade, em torno de 84.931 frutos/ha. Ao se converter estes rendimentos para toneladas por hectare (t/ha), verifica-se que a produtividade média das lavouras de mamão do Estado do Espírito Santo se aproxima de 72 t/ha, enquanto a do Estado da Bahia, maior produtor, gira em torno de 32 t/ha. (Alves, 2003). O mercado interno absorve mais de 95% de toda a produção nacional, mesmo com o crescimento apresentado pelas exportações brasileiras (Tabela 1).

Tabela 1 – Quantidade de mamão exportado e o crescimento

Exportação de Mamão / Quantidade		
Ano	Quantidade (kg)	Crescimento (%)
1996	5.693.310	----
1997	7.868.603	38,21
1998	9.878.377	25,54
1999	15.709.325	59,03
2000	21.509.614	36,92
2001	22.804.066	6,02
2002	28.540.889	25,16
2003	39.492.386	38,37

Fonte: BRAPEX - Associação Brasileira dos Exportadores de Papaya.

As informações sobre a área colhida, o volume de produção e o rendimento da cultura do mamão, segundo as regiões geográficas brasileiras, estão apresentadas na Figura 1.



Figura 1 – Área colhida em hectares e produção de mamão no Brasil em 2000 (Alves, 2003).

Na Tabela 2, estão listados os Estados que são os maiores exportadores de mamão produzido no Brasil e a quantidade, em quilogramas, exportadas no período de Janeiro do ano de 1996 a setembro do ano de 2004. Neste período, foram exportadas, aproximadamente, 176.607 toneladas de mamão. O Estado do Espírito Santo foi o maior exportador, com cerca de 128.178 toneladas, aproximadamente, (73%), seguido pelo Estado de São Paulo 23.015 toneladas (13%), pelo Rio Grande do Norte com 13.880 toneladas (8%), pela Bahia com 9.551 toneladas (5%) e pela Paraíba com 1.983 toneladas, representando, o 1% restante (BRAPEX, 2005).

Tabela 2 – Quantidade de mamão exportado pelo Brasil até setembro do ano de 2004 e os principais Estados exportadores

Exportação de Papaya por Estados (kg)					
Período	Bahia	Espírito Santo	Paraíba	Rio Grande do Norte	São Paulo
Até 09/2004	1.767.631	18.870.691	1.139.031	4.071.701	705.541
2003	3.156.382	27.479.477	654.432	7.043.004	1.094.675
2002	817.953	23.387.864	67.974	2.167.545	2.047.263
2001	478.765	16.824.416	89.528	441.726	4.808.129
2000	681.932	14.935.110	32.444	149.500	5.309.923
1999	565.926	11.049.154	0	6.494	3.532.195
1998	794.866	6.880.611	0	0	2.063.212
1997	713.002	5.168.917	0	0	1.936.701
1996	574.720	3.581.704	0	0	1.517.059

Fonte: BRAPEX – Associação Brasileira dos Exportadores de Papaya.

### **2.1.3 Características dos frutos do mamoeiro**

As flores do mamoeiro podem ser de três tipos bem diferenciados: flor pistilada ou feminina típica, que origina fruto de forma quase esférica até oblongo ou piriforme, geralmente com cavidade ovariana correspondendo a mais da metade do diâmetro do fruto; flor estaminada ou masculina típica, e flor hermafrodita que, na maioria das vezes, dá origem a um fruto de forma alongada, variando de piriforme a cilíndrica, com cavidade ovariana menor do que a metade do diâmetro do fruto. Somente esse último fruto tem valor comercial. Com base nos aspectos florais, distinguem-se três tipos de mamoeiros: feminino, masculino e hermafrodita (Oliveira, 1999).

Os pomares comerciais bem conduzidos são implantados de forma a obter o maior número possível de plantas hermafroditas. De acordo com Marin (1988), ao se polinizar uma flor feminina com pólen de uma flor masculina, obter-se-ão cerca de 33% de plantas masculinas, 33% de hermafroditas e 33% de femininas. Flores de mamoeiro hermafroditas ao serem fecundadas pelo próprio pólen, ou pelo pólen de outras flores hermafroditas, originarão sementes que produzirão em torno de 66% de mamoeiros hermafroditas para 33% de femininos. Assim, na obtenção de sementes, é recomendado realizar autofecundação de flores hermafroditas para obter o máximo de plantas hermafroditas.

Os frutos são órgãos originados do crescimento das estruturas que formam as flores ou inflorescência. Durante o seu crescimento e desenvolvimento, são verificadas diferentes fases, as quais são caracterizadas por alterações na fisiologia e bioquímica das células. No início do crescimento dos frutos, há um estágio de intensa divisão e pequena expansão celular, seguido de uma fase em que os processos de expansão são mais intensos. Nesta fase, há grande acúmulo de água e solutos na polpa. Coincidindo com esse período de intenso crescimento, inicia-se a fase de pré-amadurecimento do fruto, culminando com o amadurecimento propriamente dito, quando ocorrem as alterações metabólicas no fruto, tornando-o apto para o consumo (Balbino e Costa, 2003).

O mamão é um fruto climatérico e, após a colheita, há um aumento na liberação de CO<sub>2</sub> e uma taxa maior de consumo de O<sub>2</sub>. O aumento respiratório é precedido por uma liberação de etileno pelo fruto (Simão, 1998). A ação do etileno modula o amadurecimento de frutos, coordenando a expressão gênica de vários

processos, como aumento da taxa respiratória, produção de etileno autocatalítico, degradação de clorofila, síntese de carotenóides, conversão de amido a açúcares mais simples e aumento da atividade de enzimas degradadoras de parede celular (Gray et al., 1992).

A passagem da cor verde para amarela se deve à destruição da clorofila nos tecidos da casca e à síntese de carotenóides (Simão, 1998). Durante este período, a taxa de respiração do fruto aumenta rapidamente, atingindo o máximo na plena maturação. Após este período, há uma perda de peso, a polpa torna-se mais escura e macia e o látex é destruído. A celulose e a pectina das paredes celulares são transformadas em compostos solúveis pela ação de enzimas presentes na polpa (Draetta et al., 1975).

O mamão é um fruto com uma vida pós-colheita relativamente curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias ou semanas, sendo, também, extremamente sujeito a perdas pós-colheita por injúrias mecânicas, patógenos ou por fatores abióticos. Esses fatores podem se manifestar nos frutos, isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas, qualitativas ou nutricionais nas diferentes fases da cadeia pós-colheita, ou seja, durante as etapas de tratamento, armazenamento, comercialização ou consumo (Balbino, 2003). Portanto, após a colheita, algumas práticas devem ser adotadas para que sua vida de prateleira seja aumentada (Simão, 1998). Práticas como o uso da termoterapia e do pré-resfriamento, com a aplicação de defensivos e de cera na superfície dos frutos, complementando com acondicionamento adequado em embalagens apropriadas e armazenamento sob refrigeração. Essas práticas se tornam mais importantes quanto mais distante e mais exigente for o mercado consumidor (Balbino, 2003).

As frutas verdes de mamão liberam de sua casca, quando feridas ou riscadas, um látex esbranquiçado e pegajoso. Esse látex é muito rico em papaína, substância que possui muitos usos medicinais e industriais, por exemplo, a extirpação de verrugas e amaciamento de carnes. À medida que os frutos vão amadurecendo, o teor de papaína vai diminuído significativamente (Simão, 1998).

### **2.1.4 Ponto de colheita e classificação**

A maturidade fisiológica é atingida quando o fruto se apresenta semimaduro, ocorrendo após atingir o tamanho máximo e possuir a capacidade de atingir a maturação na planta ou fora dela. Após este estágio, inicia-se a maturação e senescência (Zambolim, 2002).

O ponto de colheita é um dos principais fatores na qualidade do fruto, tanto para o consumo “in natura” quanto para a indústria de processamento. O conhecimento da fisiologia pós-colheita do mamão é um fator necessário para a determinação do ponto de colheita, para a prática de uma colheita racional, bom armazenamento e para a escolha do transporte adequado à distância do mercado consumidor (Viegas, 1992).

Várias propriedades dos frutos têm sido usadas como índice de colheita e padronização para a comercialização. Para o mamão, um aspecto importante é o teor de sólidos solúveis, propriedade que permite estimar o conteúdo de açúcares do fruto. A característica de tamanho do fruto é outro aspecto importante, principalmente quando se visa à exportação para outros países, pois há uma exigência específica quanto a esse atributo. Neste sentido, deve-se observar que o tamanho dos frutos ao longo da produção anual deverá ser considerada para a programação das exportações para cada país e que esse atributo é variável em função das condições climáticas (Balbino, 2003).

Em termos práticos, tem-se usado a coloração da casca do fruto na colheita. A identificação de cada estágio é feita por características visuais, conforme apresentado na Tabela 3.

A determinação do estágio de maturação pode basear-se também pelo “System Approach”. Este sistema visa a auxiliar os colhedores quanto aos estágios de maturação na colheita e varia conforme o tipo de mercado a que se destinam os frutos. Consideram-se os seguintes critérios:

Estádio 0 - fruto crescido e desenvolvido (100% verde);

Estádio 1 - fruto com até 15% da superfície da casca amarela;

Estádio 2 - frutos com até 25% da superfície da casca amarela (1/4 madura);

Estádio 3 - frutos com até 50% da superfície da casca amarela;

Estádio 4 - frutos com 50 a 75% da superfície da casca amarela;

Estádio 5 - frutos com 100% da superfície da casca amarela.

Tabela 3 – Características visuais dos estádios de maturação dos frutos de mamão (*Carica papaya* L.)

Ponto de colheita	Características visuais
Estádio 0	<p>⇒ Casca do fruto passa de verde para verde claro;</p> <p>⇒ Polpa interna branca amarelada com pequenas manchas róseo claras.</p>
Estádio 1	<p>⇒ Conhecido como estádio de uma pinta;</p> <p>⇒ Casca do fruto com verde mais claro;</p> <p>⇒ Uma estria amarela quase imperceptível (base do fruto);</p> <p>⇒ Estádio usado para frutos destinados a mercados de exportação (por via aérea) ou para grandes distâncias (1000 a 2000Km do local de produção).</p>
Estádio 2	<p>⇒ Estádio de duas pintas;</p> <p>⇒ Casca com verde claro em toda superfície do fruto;</p> <p>⇒ Duas estrias amareladas bem perceptíveis (da base para o pedúnculo);</p> <p>⇒ Polpa interna com coloração amarela pálida na região próxima à casca e amarela avermelhada próxima aos ovários;</p> <p>⇒ Estádio utilizado para frutos exportados via aérea ou para mercados internos com distância de 500 a 1000 Km do local de produção.</p>
Estádio 3	<p>⇒ Estádio de três pintas;</p> <p>⇒ 3 a 4 estrias amareladas bem perceptíveis;</p> <p>⇒ Polpa amarela avermelhada próxima à casca e vermelha alaranjada próxima aos ovários;</p> <p>⇒ Frutos comercializados para mercados com distâncias de até 500 Km do local de produção.</p>

Fonte: Sanches (2003).

Para o mercado interno, o peso médio dos frutos das variedades do grupo 'Formosa' deve variar de 800 a 1100 g. Para as variedades do grupo 'Solo', os frutos devem variar de 350 a 550 g, apresentar casca lisa e sem manchas, polpa vermelho-alaranjada, cavidade ovariana pequena e em formato de estrela, polpa com espessura superior a 20 mm, sólidos solúveis acima de 14 °Brix e maior longevidade pós-colheita (Sanches 2003).

Os frutos destinados à exportação, principalmente para os Estados Unidos, são colhidos no estádio em que os frutos estão com até 25% da superfície total da casca amarela, enquanto para a Europa, considera-se até o estádio em que os frutos se encontram com 50 a 75% da superfície total da casca amarela e para o mercado interno, varia conforme a distância do mercado consumidor e o tempo de comercialização da fruta (Tabela 3).

### **2.1.5 Problemas fitossanitários**

O mamoeiro sofre o ataque de diferentes agentes etiológicos, além de distúrbios e anomalias de causas desconhecidas e não parasitárias. As doenças podem afetar as folhas, ramos, raízes, flores e frutos do mamoeiro em diferentes etapas do seu desenvolvimento. De maneira geral, as de maior importância nas áreas produtoras do Brasil são causadas por fungos e vírus, destacando-se as podridões fúngicas, que podem ocasionar a perda total da produção ou mesmo a morte generalizada das plantas no pomar e o vírus-da-mancha-anelar, que vem se constituindo o principal problema da cultura, inviabilizando o uso de variedades comerciais e tornando impróprias áreas extensas (Oliveira et al., 2000).

A qualidade do mamão é determinada, em parte, pela incidência de patógenos. Fonseca (2002) relata que podem ocorrer perdas da ordem de 1 a 93%, dependendo do manejo pós-colheita e dos procedimentos na cadeia de comercialização.

Além dos problemas de origem patogênica, outro problema que tem afetado a qualidade do fruto do mamoeiro é a Mancha Fisiológica do Mamão (MFM). Este nome foi dado pelos pesquisadores por ser uma mancha de causa abiótica (não é causada por nenhum tipo de organismo vivo, como fungos e insetos). Ilker et al. (1977) concluíram, após vários testes de inoculação de possíveis

microrganismos suspeitos de serem o agente causal, que esta desordem era de origem fisiológica e sua ocorrência era esporádica, indicando tanto o envolvimento de agentes ambientais como de fatores genéticos.

Segundo Kaiser et al. (1996), na África do Sul, a Mancha Fisiológica do Mamão, conhecida em inglês como “skin freckles”, ocorre predominantemente nos frutos que se desenvolvem nos meses em que ocorrem deficiência hídrica e baixa temperatura (abril a julho). Estudos realizados por Lima (2003) mostra uma similaridade na ocorrência com os relatos de Kaiser et al. (1996). Ueno et al. (2002) relataram informações semelhantes em plantios comerciais de mamoeiro no Sudoeste da Bahia. Segundo estes autores, nesta região, a MFM apresenta maior incidência no mês de agosto.

Observações feitas no norte do Estado do Espírito Santo evidenciam que plantas mais vigorosas e bem enfolhadas apresentam baixa intensidade de manchas nos frutos, sugerindo que essas plantas têm maior resistência ao efeito da temperatura nos frutos, sofrendo menos a exposição solar. O lado externo dos frutos expostos à maior radiação solar apresenta maior intensidade de manchas. Esta ocorrência pode ser associada à temperatura em sua superfície, ocasionando lesões celulares e, conseqüentemente, exsudação de látex abaixo da epiderme dos frutos, provocando as manchas. Os sintomas são pequenas manchas superficiais, que vão desde pontuações até 10 mm de diâmetro, com aparência de sardas acinzentadas ou amarronzadas na casca dos frutos, variando na forma e no número. São observados apenas nos frutos com mais de 40 dias após a antese (DAA) e intensificam na fase final de desenvolvimento dos frutos, principalmente próximo ao ponto de colheita (Ventura et.al., 2003).

## **2.2 Vitaminas**

### **2.2.1 Efeitos biológicos**

O termo vitamina, que significa amina vital, foi proposto por Funk em 1911 para designar um novo componente alimentar necessário à vida. Inicialmente, cada vitamina era denominada por uma letra ou de acordo com as suas propriedades curativas ou preventivas, mas as opiniões atuais favorecem os nomes que

descrevem a própria substância. As vitaminas são compostos orgânicos encontrados nos alimentos em pequenas concentrações. Desempenham funções específicas e vitais nas células e nos tecidos do corpo (Krause e Mahan, 1985). As funções que desempenham as vitaminas 'in vivo' são diversas: (a) como coenzimas ou seus precursores; (b) como componentes de sistema de defesa antioxidante; (c) como fatores envolvidos na regulação genética e (d) em funções especializadas, como a vitamina A na visão, o ácido L-ascórbico em diversas reações de hidroxilação e a vitamina K em reações de carboxilação específicas (Fennema, 2000).

As características comuns que identificam essa classe de nutrientes são: sua ausência ou absorção inadequada provoca doenças e diferem entre si na função fisiológica, na estrutura química e na distribuição nos alimentos. Quando se provou que uma vitamina suposta como um único composto era na verdade um conjunto de compostos químicos com funções fisiológicas diferentes, incorporou-se o termo complexo para fins de identificação complementar, como no complexo B (Mitchell et. al., 1978).

Algumas vezes, convém agrupar as vitaminas de acordo com a solubilidade. As vitaminas A, D, E e K são lipossolúveis. Reconhecem-se dois grupos hidrossolúveis – o que possui atividade de vitamina C e o grande grupo conhecido como complexo B (Sgarbieri, 1987).

## **2.2.2 Vitamina C**

### **2.2.2.1 Efeitos biológicos da vitamina C**

Durante vários anos tentou-se isolar a vitamina C na sua forma pura. Foi o médico Albert Szentogorgyi que, em 1928, conseguiu isolar esta vitamina em tecido de laranja e de repolho, dando-lhe o nome de ácido hexurônico. Ele descobriu ainda que sua fórmula química era  $C_6H_8O_6$  (Krause e Mahan, 1985). Em 1932, o isolamento da vitamina C em forma cristalina pura foi conseguido independentemente por dois grupos de pesquisadores. A estrutura química foi identificada e o produto sintetizado sob a forma fisiologicamente ativa pouco tempo depois. Em 1938 o ácido ascórbico foi oficialmente aceito como nome químico de vitamina C (Aranha et al., 2000).

Dentre os alimentos que contêm quantidades expressivas de vitamina C destacam-se as frutas. A concentração de vitamina C nesses alimentos varia em razão da espécie, grau de maturação, condição de cultivo, processamento e armazenamento, dentre outros fatores (Krause e Mahan, 1985). Entretanto, ela é uma das vitaminas mais susceptíveis à degradação (Fennema, 2000).

A denominação de ácido ascórbico foi devido a sua função na prevenção do escorbuto. Nesta doença, a síntese de tecido conjuntivo contendo colágeno é defeituosa. Os sintomas do escorbuto incluem: gengivas inchadas e com sangramento fácil, dentes abalados subcutâneo e cicatrização lenta dos ferimentos (Lehninger et al., 2000).

O termo vitamina C deve ser utilizado como descrição genérica para todos os compostos que exibem atividade biológica de ácido ascórbico (Pauling, 1988). A vitamina C é uma substância quiral, solúvel em água e insolúvel na maior parte dos solventes orgânicos. É produzida pelas plantas e animais com exceção de primatas, incluindo a espécie humana, ratos de laboratório, alguns pássaros, insetos e alguns peixes (Fennema, 2000; Wong, 1995). A forma que tem atividade biológica é a levógira, daí ela ser freqüentemente chamada de L-ascórbico para distingui-las das moléculas dextrógiras (D) (Aranha et. al., 2000).

O ácido ascórbico é derivado de uma hexose e é classificado como um carboidrato idêntico aos monossacarídeos. A forma reduzida  $C_6H_8O_6$  (geralmente designada como ácido L-ascórbico) é a mais ativa e é prontamente oxidada para formar o ácido dehidroascórbico ( $C_6H_6O_6$ ). Ele pode ser reduzido à forma original (oxi-redução reversível). As duas formas são antiescorbuto e são encontradas em tecidos orgânicos (Krause e Mahan 1985). Ambas são fisiologicamente ativas e uma nova oxidação do ácido dehidroascórbico para ácido dicetogulônico produz uma inativação irreversível desta vitamina (Fennema, 2000).

O ácido ascórbico tem múltiplas funções no corpo, participando de numerosas reações químicas. Sua importância ocorre não só pela função tampão nos processos de oxi-redução, mas também pelas particularidades de sua estrutura molecular capaz de transferir íons e elétrons de hidrogênio em processos reversíveis. Exerce papel importante na biossíntese de corticóides e catecolaminas e participa na síntese e manutenção dos ossos, dentes e sangue (Franco, 2002; Fennema, 2000; Wong, 1995).

Nutrientes antioxidantes, entre eles o ácido L-ascórbico, apresentam papel crucial na prevenção ou retardamento do início da maioria das doenças degenerativas. Responsáveis pela neutralização do processo oxidativo, decorrente da geração de radicais livres que contribuem para a origem de doenças crônicas em organismos animais (Siqueira et al., 1997).

As principais espécies reativas, ou radicais livres, são o superóxido, o hidroperóxido, o oxigênio singlete, o radical hidroxila. Estas formas têm como alvo os componentes celulares – proteínas, enzimas, lipídios, DNA e RNA, ocasionando lesões na célula e, portanto, alterando suas funções. Como consequência, podem ocorrer as mutações, as degenerações celulares relacionadas ao envelhecimento, a citotoxicidade e o mais grave, a etapa inicial de carcinogênese (Siqueira et al., 1997).

No modelo animal, o ácido L-ascórbico inibe a formação de nitrosaminas carcinogênicas. Não se sabe se esta reação ocorre em seres humanos. Entretanto, estudos epidemiológicos sugerem que altas ingestões de frutas e verduras ricas em ácido L-ascórbico protegem contra o câncer, particularmente no estômago e esôfago (Siqueira et al., 1997).

O ácido L-ascórbico participa na hidroxilação da prolina para formar hidroxiprolina na síntese do colágeno. A resistência dos vasos sanguíneos e ligamentos do organismo depende da correta estruturação do tecido colagenoso (Brody, 1994). Outros pesquisadores têm relatado, ainda, que a vitamina C pode contribuir para alguma melhoria imunológica em pessoas infectadas com HIV (Aranha et al., 2000).

A quantidade ideal de vitamina C a ser ingerida é assunto de muito debate na literatura médica e nutricional. Tem sido demonstrado que 15 mg diários de vitamina C são suficientes para prevenir o escorbuto (Sgarbieri, 1987). A atual Ingestão Diária Recomendada (IDR) é de 45 mg para todas as idades e estados fisiológicos (FAO/WHO, 2003). Contudo, existem defensores de que quantidades muito maiores poderiam ser ingeridas com benefícios contra o resfriado comum, contra o cansaço e a fadiga física e mental, e contra a aterosclerose e outros males como a catarata, o envelhecimento, a esquizofrenia, a síndrome da imunodeficiência adquirida (SIDA/AIDS) e no tratamento de câncer (Levine et al., 1997).

A opinião dos cientistas da Nutrição e da maioria da classe médica é que ingestão acima de 2.000 mg diários pode causar efeitos secundários como falhas na reprodução, interferência com testes para glicosúria, prejuízo aos anticoagulantes,

alterações nos rins e inativação da vitamina B<sub>12</sub>. Doses de 100-200 mg diários são recomendadas nos períodos de cura de resfriados (Sgarbieri, 1987).

#### **2.2.2.2 Biossíntese e degradação do ácido L-ascórbico ou ascorbato**

O mecanismo de biossíntese do ácido L-ascórbico nas plantas não é bem conhecido. Smirnoff (1996), sugere duas possíveis rotas da biossíntese do ácido L-ascórbico em plantas. Uma sugere que o precursor imediato do ácido L-ascórbico é o L-galactono-1,4 lactona e a outra que é o D-glucosone e L-sorbosone (Figura 2).

Lehninger et al. (2000) descrevem uma única via secundária de metabolização da glicose levando à formação de dois produtos especiais a partir do UDP- D-glicuronato: o glicuronosil e o L-gulonato (Figura 3). O glicuronosil é empregado por uma família de enzimas detoxificadoras que agem em uma larga variedade de drogas relativamente não-polares, toxinas do ambiente e carcinógenos. A conjugação destes compostos com o glicuronato (glicuronização) converte-os em derivados muito mais polares, que são mais facilmente retirados do sangue pelos rins e excretados na urina e o L-gulonato que é desidrogenado e oxidado, formando o ácido L-ascórbico ou vitamina C.

A Figura 3 ilustra a formação do ácido L-ascórbico segundo Lehninger et al. (2000). Esta é uma das vias apresentadas na Figura 2, com a diferença de que nesta os açúcares iniciais estão fosfatados.

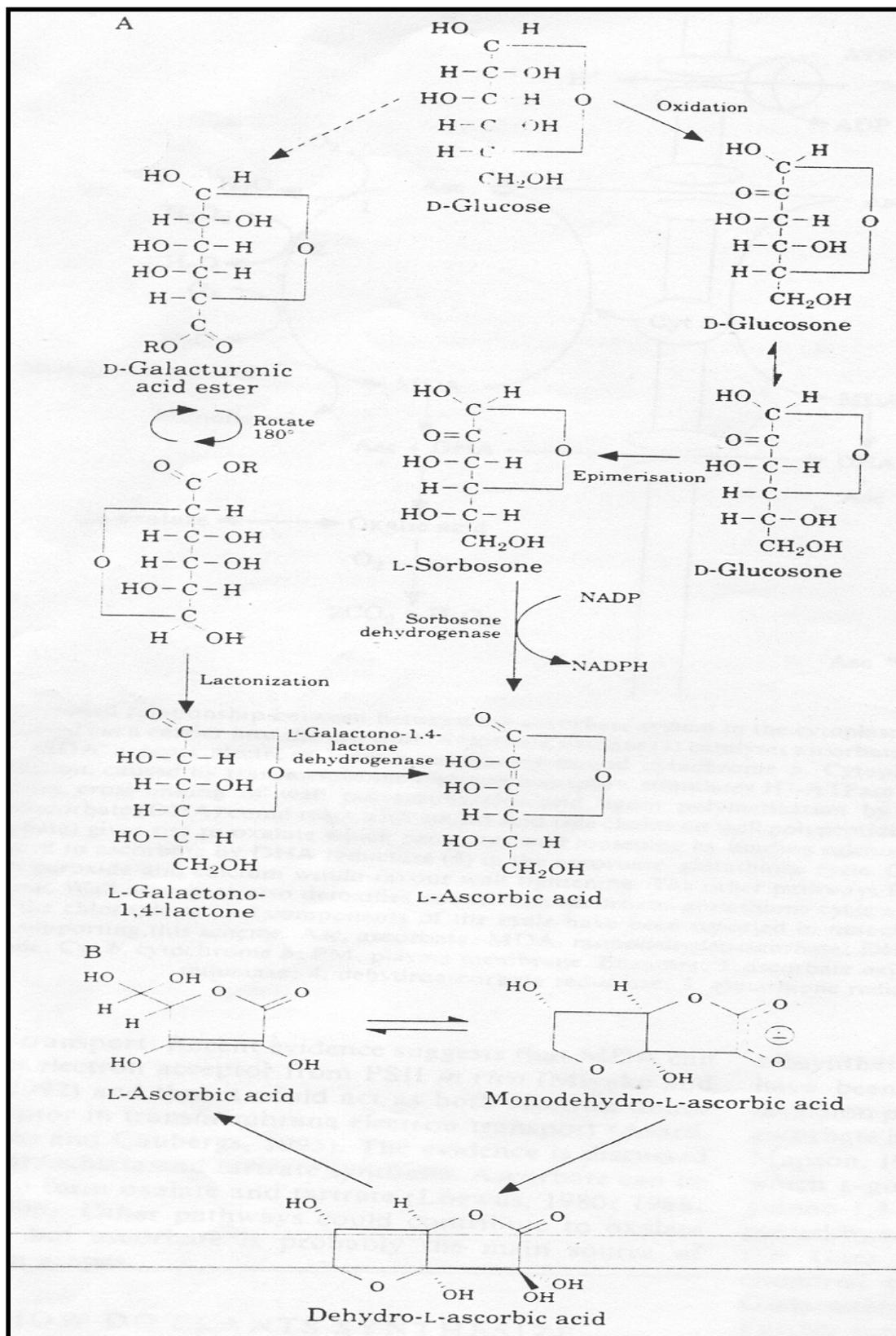


Figura 2 – Possíveis rotas da biossíntese do ácido L-ascórbico em vegetais a partir da D-glucose (Smirnoff, 1996).

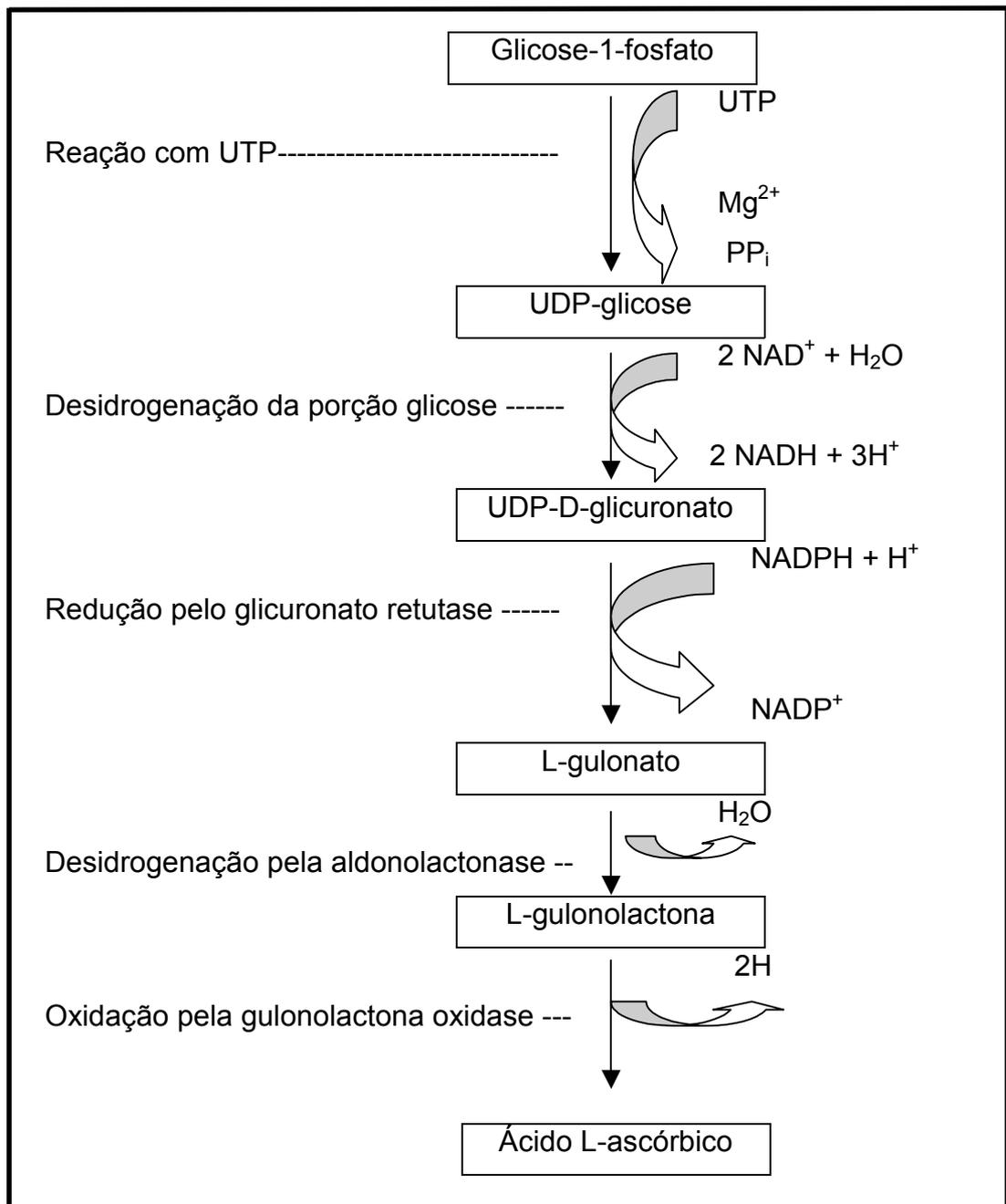


Figura 3 – Vias secundárias do metabolismo da glicose através do UDP-glicuronato formando ácido L-ascórbico (Lehninger et al., 2000).

Embora a quantidade de glicose consumida nessas vias secundárias seja muito pequena quando comparada com as grandes quantidades de glicose que são metabolizadas através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico, os produtos citados são vitais para o organismo (Lehninger et al., 2000).

Os cloroplastos são pobres em catalases, enzimas que convertem duas moléculas de peróxido em duas de água e uma de oxigênio molecular sem necessidade de doador de H conforme as peroxidases necessitam. Um destes doadores é o ácido L-ascórbico. De acordo com Smirnoff (1996), altas concentrações de ácido L-ascórbico em cloroplastos leva à suposição de que esta substância possui um papel importante no sistema fotossintético. Primeiramente, agindo como antioxidante na remoção de peróxido de hidrogênio formado através da fotorredução de oxigênio no fotossistema I (PSI), conhecida como reação de Mehler. Esta reação é catalisada pela ascorbato peroxidase (AP), que se encontra ligada a tilacóides eliminando peróxidos de hidrogênio. Uma segunda forma é relacionada ao monodehidroascórbico formado pela ação da ascorbato peroxidase. Este pode atuar como um receptor direto de elétrons no PSI. Em terceiro lugar, o ascorbato atuando como um cofator na formação da zeaxantina, no ciclo das xantofilas (Figura 4). Importante na dissipação, sob a forma de calor, do excesso de energia luminosa absorvido pelas folhas nos horários de maior intensidade luminosa (Taiz e Zeiger, 2004).

De acordo com Smirnoff (1996), a radiação solar é um fator que estimula a síntese de ácido L-ascórbico pelas plantas. Taiz e Zeiger (2004) descrevem que as folhas, quando expostas ao excesso de luz, precisam dissipar o excedente de energia luminosa absorvido, de modo que ele não prejudique o aparato fotossintético. Existem várias rotas de dissipação de energia. Embora os mecanismos moleculares não sejam ainda totalmente compreendidos, o ciclo da xantofila parece ser um caminho importante para a dissipação do excesso de energia luminosa. A Figura 4 ilustra o ciclo das xantofilas, com a estrutura química da violaxantina, anteroxantina e zeaxantina, bem como a participação do ascorbato neste ciclo. Mudanças diárias nos teores de xantofilas em função da irradiância de luz em folhas de girassol (*Helianthus annuus*) são ilustrados na Figura 5.



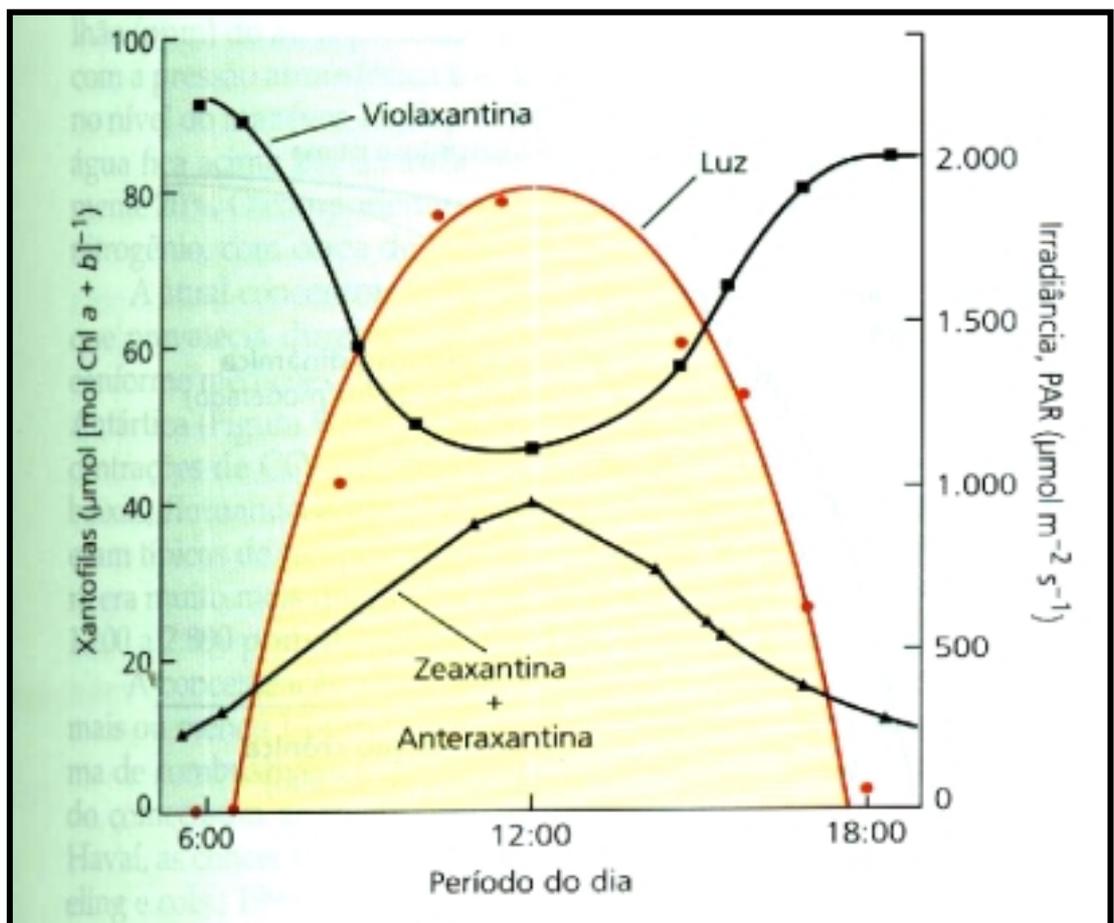


Figura 5 – Mudanças diárias nos teores de xantofilas em função da irradiância, em folhas de girassol (*Helianthus annuus*) (Taiz e Zeiger, 2004).

Com o aumento da quantidade de luz incidente sobre a folha, uma proporção maior de violaxantina é convertida em zeaxantina, dissipando, assim, o excesso de energia de excitação e protegendo o aparato fotossintético (Figura 5). Enzimas interconvertem esses dois carotenóides, tendo a anteroxantina como intermediário. A formação da zeaxantina utiliza o ascorbato como cofator e a formação da violaxantina requer NADPH (Taiz e Zeiger, 2004).

Hua-Yue Jin et al. (2003) estudaram a influência de fatores ambientais nos teores de ácido L-ascórbico e atividade de enzimas envolvidas em seu processo de oxi-redução em coníferas. Nestas plantas, injúrias provocadas pelo frio e falta de água são acompanhadas por um processo de aclimatação, desencadeando um aumento da atividade da ascorbato peroxidase, enzima que inativa peróxido de hidrogênio oxidando o ácido L-ascórbico, mais que pelo aumento da atividade de enzimas envolvidas no processo de regeneração do ácido L-ascórbico. De acordo com este estudo, a oxidação do ácido L-ascórbico aumenta a capacidade de defesa das coníferas.

De acordo com Resende et al. (2003), o ciclo do ascorbato glutathiona é o principal sistema de remoção das espécies ativas de oxigênio (EAO's) nos cloroplastos. Nesse ciclo, são empregadas quatro enzimas: ascorbato peroxidase (APX), dehidroascorbato redutase (DHA), monodehidroascorbato redutase (MDA) e glutathiona redutase. O  $H_2O_2$  pode ser reduzido e removido pela APX usando o ascorbato como redutor e formando o radical monodehidroascorbato ( $AH'$ ) (Resende et al., 2003). O  $AH'$ , também denominado semidehidroascórbico, poderá seguir duas vias. Ser oxidado para dehidroascorbato (DHA) e este regenerado para ascorbato por meio da dehidroascorbato redutase (DHA). Ou ser reduzido a ascorbato por meio da monodehidroascorbato redutase (Fennema, 2000). Segundo Smirnoff (1996), a atividade de enzimas no ciclo do ascorbato glutathiona é aumentada por deficiência hídrica e baixa temperatura.

A Figura 6 ilustra equações químicas e as principais enzimas envolvidas na formação e degradação de espécies ativas de oxigênio (EAO's) em plantas com a participação do ascorbato.

Superóxido dismutase (SOD)	$\text{H}_2\text{O}_2^- + \text{H}^+ \longrightarrow$	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$
	$\text{O}_2^- + \text{O}_2^- + 2\text{H}^+ \longrightarrow$	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$
Ascorbato peroxidase (APX)	$\text{APX} + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow$	Composto I + $\text{H}_2\text{O}$
	Composto I + Ascorbato $\longrightarrow$	Composto II + $\text{MDA}^{\cdot}$
	Composto II + Ascorbato $\longrightarrow$	$\text{APX} + \text{MDA}^{\cdot} + \text{H}_2\text{O}$
Catalase	$\text{H}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow$	$2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

Figura 6 – Equações químicas e as principais enzimas envolvidas na formação e degradação de espécies ativas de oxigênio (EAO's) em plantas. Radical monodehidroascórbico ( $\text{MDA}^{\cdot}$ ) (Resende et al., 2003).

A rota da degradação do ácido L-ascórbico, na qual se pode observar a participação de íons metálicos e oxigênio no mecanismo de degradação do ácido L-ascórbico, está ilustrada na Figura 7. As estruturas em negrito representam as formas que possuem atividade de vitamina C. A velocidade da degradação oxidativa do ácido L-ascórbico está relacionada com as concentrações da espécie intermediária do monodehidroascórbico ( $\text{AH}^-$ ), oxigênio molecular e íons metálicos. Baixa concentração da espécie monodehidroascórbico ( $\text{AH}^-$ ), elevadas concentrações de oxigênio molecular e de íons metálicos aumentam a velocidade de degradação do ácido L-ascórbico (Fennema, 2000).

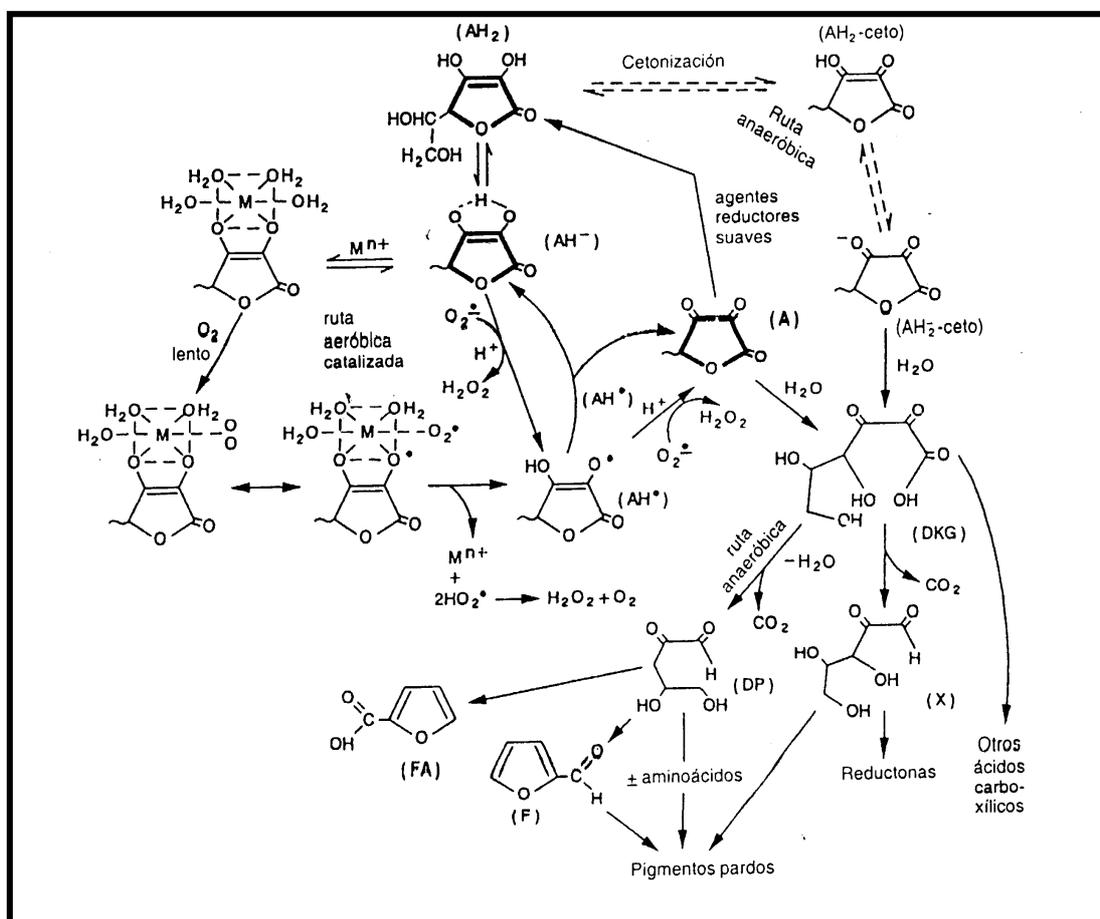


Figura 7 – Esquema general dos mecanismos de degradações oxidativa e anaeróbicas do ácido L-ascórbico. Ácido ascórbico completamente protonado (AH<sub>2</sub>); monodehidroascórbico (AH<sup>-</sup>); semidehidroascórbico (AH<sup>•</sup>); ácido dehidroascórbico (A); ácido 2-furônico (FA); 2-furadehidro (F); ácido dicetogulónico (DKG); 3-desoxipentose (DP); xilose (X); catalisador metálico (Mn<sup>2+</sup>); radical peróxido (HO<sub>2</sub>) (Fennema, 2000).

### 2.2.3 Vitamina A

A vitamina A foi isolada na sua forma pura como um cristal amarelo polido, que é lipossolúvel e foi sintetizado quimicamente. A fórmula condensada  $C_{20}H_{29}OH$  indica que ela é um álcool. Foi denominada retinol devido à função específica na retina do olho. A vitamina A natural encontra-se esterificada com um ácido graxo, normalmente o ácido palmítico (Krause e Mahan, 1985). Posteriormente, foi observado que o retinal e o ácido retinóico também possuem atividade de vitamina A. (Brody, 1994).

No estomago, os ésteres de retinol e os carotenóides são liberados das proteínas alimentares (Krause e Mahan, 1985). Na parte superior do intestino delgado o éster de retinol é, em grande parte, hidrolisado, liberando o álcool pela ação de uma hidrolase do suco pancreático na presença de sais biliares, formando o retinol. Juntamente com os produtos da digestão da gordura, o retinol é emulsionado pelos sais biliares e pelos fosfolipídios, convertendo-se por fim em micelas, adequadas à absorção. As micelas, formadas de retinol ou carotenóides, sofrem uma hidrólise catalisada pela enzima retinil éster hidrolase, situada na superfície externa da membrana celular da mucosa intestinal. O retinol resultante desta hidrólise penetra no interior da célula, onde é reesterificado com ácidos graxos de cadeia longa, sendo transportado como componente dos quilomícrons, via linfática para rins, músculos e principalmente para o fígado (Chagas et al., 2003). Uma parte dos carotenóides liberado das micelas é absorvido no intestino, contribuindo para a cor amarela do soro sanguíneo e uma outra grande parte é convertida em retinal (aldeído da vitamina A), que, por sua vez, formam o retinol, sendo esterificados com ácidos graxos saturados e incorporado nos quilomícrons linfáticos que penetram na corrente sanguínea e são armazenados em rins, músculos e, principalmente, fígado (Krause e Mahan, 1985).

Tanto o fígado como a mucosa intestinal têm enzimas que catalisam a redução do aldeído em álcool. A mobilização do retinol do fígado depende das proteínas dietéticas adequadas, pois deve ligar-se à proteína transportadora de retinol (RBP) para ser transportado no sangue (Brody, 1994).

A Figura 8 ilustra a formula estrutural do retinol e dos principais retinóides com atividade de vitamina A: aldeído, ácidos e ésteres.

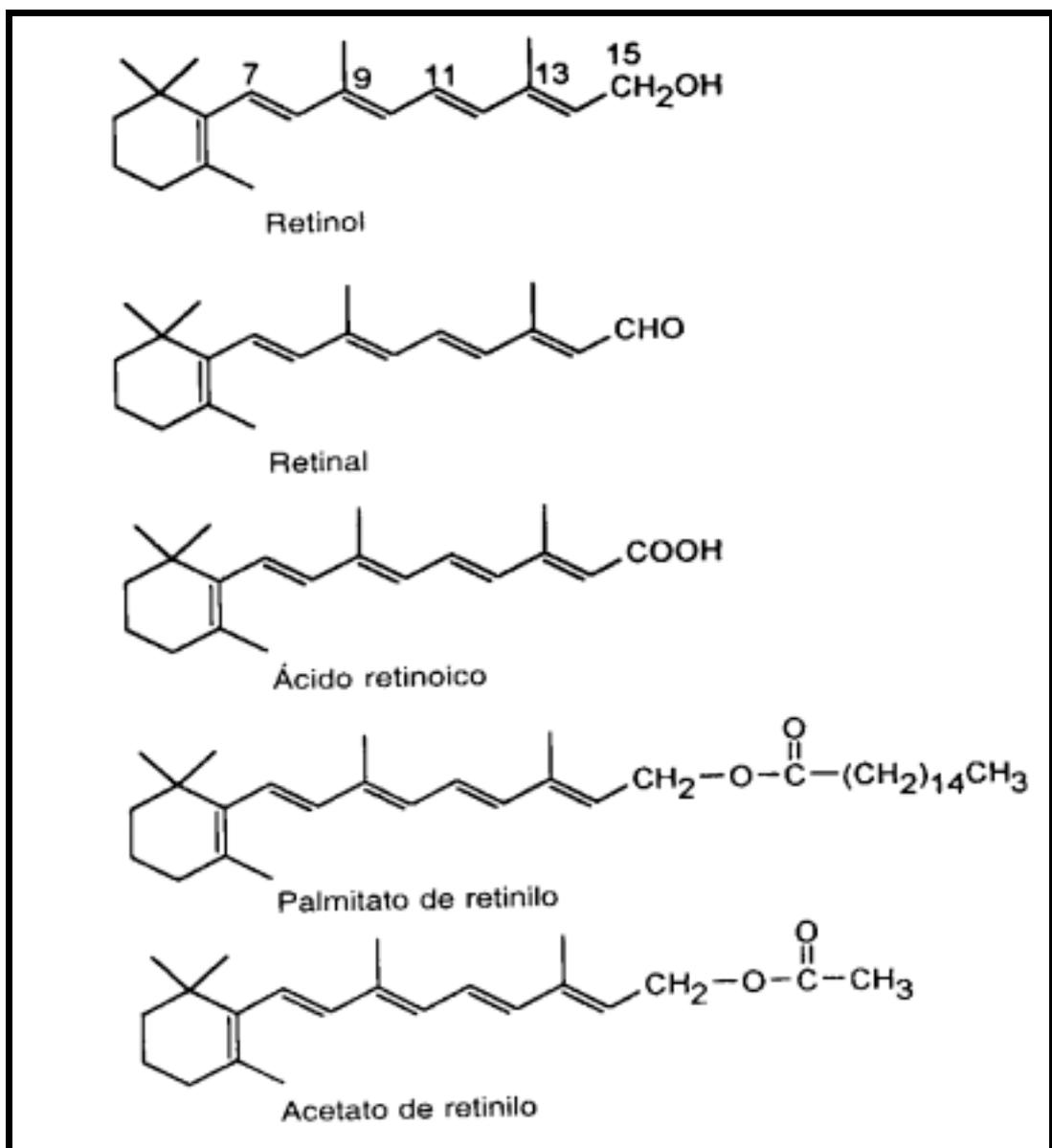


Figura 8 – Formula estrutural dos principais retinóides com atividade de vitamina A (Fennema, 2000).

De todas as formas ativas da vitamina A, o retinal é a única que tem função bem conhecida, relacionada com o fenômeno da visão. A deficiência de vitamina A na dieta resulta em deficiência de 11-cis-retinal e, por conseguinte, deficiência na síntese de rodopsina (Fennema, 2000).

A deficiência de vitamina A pode ser primária, resultado de redução na ingestão, principalmente em lactentes e crianças, ou ser secundária a doenças que promovam a redução ou prejuízo na excreção de ácidos biliares. Entre elas, as principais são aquelas que causam má absorção pré-entérica, como as obstruções biliares e pancreatites. Contudo, qualquer patologia que cause deficiência de secreção ou excreção da bile e do suco pancreático pode causar deficiência não só da vitamina A, mas também das outras vitaminas lipossolúveis (D,E,K). O alcoolismo também é causa importante de deficiência de vitamina A, pois o álcool diminui a captação e mobilização hepática da vitamina A (Oliveira, 1999).

De acordo com Oliveira (1999), a deficiência de vitamina A pode causar a Cegueira Noturna ou Nictalopia, que consiste na incapacidade de adaptar a visão ao escuro, quando se parte da claridade para escuridão. Esta patologia é atribuída a uma falha funcional da retina na adequada regeneração da rodopsina. A deficiência de vitamina A produz alterações cutâneas como a hiperqueratose folicular, tornando a pele ressecada, escamosa e áspera e, também, predispõe o organismo a infecções bacterianas, virais ou parasitárias, devido ao seu importante papel na manutenção da integridade das mucosas (Brody, 1994). Fennema (2000) cita que deficiências mais severas e prolongadas podem causar ulcerações da córnea e cegueira total, conhecida como xerofthalmia.

No pólo oposto à deficiência, a toxicidade da vitamina A também é causa de doença, sendo responsável por alguns sinais e sintomas, tais como: irritabilidade, hepatotoxicidade, dor e fragilidade óssea, náusea, vômitos, fraqueza, anorexia, cefaléia, erupção cutânea, unhas quebradiças e alopecia (Oliveira, 1999). A preocupação com o fato de que a vitamina A conduziria a teratogenia em humanos tem retardado a implementação de programas de combate à carência de vitamina A, atingindo principalmente os programas de enriquecimento de alimentos. A literatura é controversa e dispõe de poucas informações sobre as doses para suplementação de gestantes (Chagas et al., 2003). De acordo com Fennema (2000), a dose oral recomendada para lactentes até 1 ano é de 375 µg/dia, após este período 400 µg/dia até 3 anos; 500 µg/dia de 4-7 anos. Nos adultos, a dose de

retinol diária necessária está em torno de 800-1000 µg/dia. Por outro lado, os carotenóides, embora precursores de vitamina A, não possuem o potencial tóxico dos retinóides. Em situações de ingestão elevada de carotenóides ocorre pigmentação amarelada da pele, principalmente palmas das mãos, que não acarretam distúrbios fisiológicos indesejáveis (Oliveira, 1999).

As principais fontes de vitamina A pré-formada (retinóides) encontram-se em carnes, fígado, leites e ovos. Já as fontes de vitamina A que estão sob a forma de carotenos são encontradas, principalmente, nos vegetais folhosos verde-escuros e nos vegetais e frutas amarelo-alaranjados (Oliveira, 1999).

## **2.3 Pigmentos carotenóides**

### **2.3.1 Considerações gerais**

De acordo com Lehninger et al. (2000), os carotenóides constituem um grupo de pigmentos solúveis em lipídios (lipossolúveis), alguns dos quais com atividade de vitamina A. Há mais de um século, os carotenóides têm atraído o interesse de investigadores de diferentes áreas de conhecimentos, incluindo a química, bioquímica, biologia, ciência e tecnologia de alimentos, farmácia e nutrição. Estes compostos são os pigmentos mais amplamente distribuídos na natureza, com uma produção anual de biomassa em todo planeta estimada em 100 milhões de toneladas. A grande maioria destes pigmentos são biossintetizados pela população de algas dos oceanos (Fennema, 2000).

Sabe-se que os carotenóides são importantes na fotossíntese e fotoproteção de tecidos vegetais. Em todos os tecidos que contêm clorofila, os carotenóides funcionam como pigmentos secundários na captação de energia luminosa. O papel fotoprotetor dos carotenóides se deve à sua capacidade para inativar as formas reativas de oxigênio formadas por exposição à luz (Taiz e Zeiger, 2004). São responsáveis pela coloração de algumas flores, frutas, vegetais, crustáceos, peixes, pássaros. Estão, juntamente com as clorofilas, entre os mais importantes pigmentos naturais, sendo encontrados em todos os organismos fotossintéticos, isto é, bactérias, algas e fungos (Rodriguez-Amaya, 1989; Ameida-Muradian, 1991).

Alguns carotenóides funcionam como precursores de vitamina A na dieta humana e de alguns outros animais. O  $\beta$ -caroteno é, entre os carotenóides, o que possui maior atividade de pró-vitamina A. Outros carotenóides, como o  $\alpha$ -caroteno e a  $\beta$ -criptoxantina, também possuem atividade de pró-vitamina A. Estima-se que os carotenóides com função de pró-vitamina A presentes em frutas e hortaliças proporcionam de 30 – 100% das necessidades de vitamina A das populações humanas (Fennema, 2000).

### **2.3.2 Características gerais dos carotenóides**

Suas funções e ações colocam os carotenóides entre os constituintes mais apreciados dos alimentos. Além disso, a atividade precursora de vitamina A de alguns carotenóides e outros potenciais efeitos benéficos à saúde, tais como propriedades anticarcinogênicas, acentuam sua importância na dieta (Rodríguez-Amaya, 1993a).

Por muitos anos, diferentes organizações, incluindo a Organização Mundial da Saúde (OMS), têm recomendado o consumo regular de frutas e hortaliças como forma de redução do risco de se contrair câncer e doenças do coração. Acredita-se agora que muito desse benefício é originado nos carotenóides que eles contêm. Os carotenóides são antioxidantes que ajudam a evitar os danos nas paredes das células e nos códigos genéticos que são precursores dessas doenças (Shi e Maguer, 2000).

Quimicamente, os carotenóides são divididos em dois grupos: os hidrocarbonatados e os derivados oxigenados. O primeiro grupo é universalmente conhecido como carotenos e o segundo tem sido chamado pela maioria dos autores de xantofilas (Shi e Maguer, 2000; Britton, 1991; Rodríguez-Amaya e Amaya-Farfán, 1992). Estes pigmentos são, na sua maioria, tetraterpenos com 40 carbonos, formados por oito unidades isoprenóides ( $C_5H_8$ ) (Rodríguez-Amaya, 1985). A estrutura básica pode ser modificada de várias maneiras, tais como: ciclização, migração das duplas ligações, introdução de grupos substituintes, hidrogenação parcial, dehidrogenação, extensão ou encurtamento da cadeia, rearranjos, isomerização ou combinações, resultando em um grande número de estruturas químicas (Rodríguez-Amaya, 1985, e 1993a).

De todos os carotenóides conhecidos, cerca de 50 exibem alguma atividade de pró-vitamina A (Brody, 1994). Para que um composto tenha atividade de vitamina A, sua estrutura deve exibir certa similaridade com o retinol (Figura 8). Os carotenóides pró-vitamina A ativos, como o  $\beta$ -caroteno, para possuírem atividade de vitamina A precisam sofrer uma ruptura enzimática na ligação central dos carbonos C<sup>15</sup> e C<sup>15'</sup>, liberando duas moléculas ativas de retinol. A ineficácia do processo, uma vez que nem todas as hidrólises ocorrem entre os carbonos 15 e 15', explica porque o  $\beta$ -caroteno exibe só 50% de atividade relativas de vitamina A (Fennema, 2000).

Em função do extensivo sistema de ligações duplas conjugadas na molécula, alguns carotenóides podem, teoricamente, existir em muitas formas isoméricas geométricas (Britton, 1992). Os carotenóides estão presentes na natureza na configuração mais estável trans. Contudo, os isômeros cis podem ocorrer e aumentar durante a cocção doméstica e processamento industrial (Almeida e Penteado, 1987). Em termos de nutrição, a distinção entre isômeros cis e trans das provitaminas é muito importante, pois a forma cis exibe menor potência, resultando numa drástica redução da atividade de vitamina A (Claydesdale et al., 1991; Rodriguez-Amaya, 1989). A característica que confere aos carotenóides suas propriedades e funções distintas é a presença de um longo sistema cromóforo de ligações duplas conjugadas. Carotenóides absorvem na região visível da luz (400 – 500 nm) e são, portanto, coloridos (Britton, 1991). Esta estrutura altamente insaturada torna estes pigmentos sensíveis ao oxigênio, à luz e ao calor (Fennema, 2000). Entretanto, são bastante estáveis em solução ou suspensão de óleos vegetais, especialmente na presença de antioxidantes, como  $\alpha$ -tocoferol (Britton, 1992). Contudo, de acordo com Pereira (2002), a principal causa de degradação dos carotenóides nos alimentos é a oxidação. A severidade da oxidação depende das condições onde o pigmento se encontra: se “in vivo” ou “in vitro”, e também das condições ambientais. No tecido vivo intacto a estabilidade dos pigmentos é provavelmente uma função da permeabilidade celular e da presença de compostos protetores (Rodriguez-Amaya, 1985). Por exemplo, o licopeno em tomates é estável, mas o pigmento extraído e purificado torna-se instável (Shi e Maguer, 2000).

A estrutura e atividades relativas de pró-vitamina A de alguns carotenóides estão ilustradas na Figura 9.

Chemical Structure	Compuesto	Actividad relativa
	$\beta$ -Caroteno	50
	$\alpha$ -Caroteno	25
	$\beta$ -Apo-8'-Carotenal	25-30
	Criptoxantina	0
	Cantaxantina	0
	Astaceno	0
	Licopeno	0

Figura 9 – Estrutura e atividades relativas de pró-vitamina A de alguns carotenóides (Fennema, 2000).

Em vários casos, o licopeno e outros carotenóides são responsáveis por cores brilhantes, como a maioria das frutas (laranja, morango, tomate), pétalas de rosa e muitas flores, alguns pássaros (flamengo, canário), insetos e animais marinhos (camarão, lagosta, salmão). O licopeno é o principal pigmento responsável pela cor vermelha dos frutos de tomates maduros e derivados de tomate (Shi e Maguer 2000). Nos vegetais, uma das funções do licopeno e outros carotenóides está relacionada com a absorção de luz durante a fotossíntese, protegendo as plantas contra altas radiações solares (Taiz e Zeiger 2004).

Segundo Shi e Maguer (2000), o licopeno é sintetizado exclusivamente por plantas e microorganismos e é o principal carotenóide das dietas dos animais. Com sua estrutura acíclica, está entre os seqüestradores de oxigênio mais eficientes dentre os carotenóides naturais (Conn et al., 1991). Esta habilidade pode contribuir para uma redução ao risco de várias doenças, como cânceres de pele, próstata e pulmão (Olson, 1996). Embora não tenha nenhuma atividade de pró-vitamina A, o licopeno tem atraído interesse crescente nos últimos tempos pelo fato de que, dentre todos os carotenóides, ele é o que se apresenta em níveis mais altos no sangue e que mostra atividade antioxidante mais poderosa. Além disso, evidência clínica mostra a relação entre ingestão de licopeno com prevenção de inúmeros tipos de cânceres de pele. Tais evidências ressaltam a importância do licopeno, como um micronutriente, na dieta humana (Shi e Maguer, 2000). O consumo de licopeno através de frutas e legumes pode reduzir a probabilidade de doenças de coração em desenvolvimento, devido a sua capacidade de prevenir a oxidação da lipoproteína de baixa densidade (LDL), com um consumo que disponibilize pelo menos 40 mg de licopeno por dia, o que pode ser conseguido com o consumo de 400mL de suco de tomate (Agarwal e Rao, 1998).

Shi e Maguer (2000), em sua revisão bibliográfica, relatam vários benefícios para a saúde atribuídos ao licopeno, desde um amplo benefício no controle e prevenção de diversas células cancerígenas a influências na produção de diversos produtos industrializados, como a atrativa cor vermelha de tomates ou produtos derivados da polpa de tomates, proporcionando uma cor natural ao produto. A cor tem influência no comportamento de compra dos consumidores. Tais atributos têm aumentado o interesse de consumidores, pesquisadores e indústrias de alimentos em produtos que possam ser fonte expressiva de licopeno.

### 2.3.3 Biossíntese de carotenóides

Os animais não são capazes de realizar biossíntese de carotenóides, embora muitos deles sejam capazes de metabolizar e modificar estruturalmente alguns carotenóides ingeridos. Os carotenóides são unidades isoprenóides e são biossintetizados a partir da acetil coenzima A, via ácido mevalônico (Figura 10). Os estágios iniciais são comuns à biossíntese de todos os compostos isoprenóides. O primeiro passo, que é específico para carotenóides, é a formação do fitoeno a partir de duas moléculas de geranylgeranyl difosfato (GGDP). A partir desta etapa, iniciam-se aquelas relacionadas exclusivamente com a biossíntese de carotenóides: dessaturação, ciclização, hidrogenação, etc. (Britton, 1992).

A Figura 10 ilustra a biossíntese de carotenóides e xantofilas. A rota para a conversão do geranylgeranyl difosfato a licopeno é ilustrada na metade superior da Figura, e a conversão do licopeno para  $\alpha$ - e  $\beta$ -caroteno e de  $\beta$ -caroteno para xantofilas é ilustrada na metade inferior da Figura (Buchanan et al., 2000).

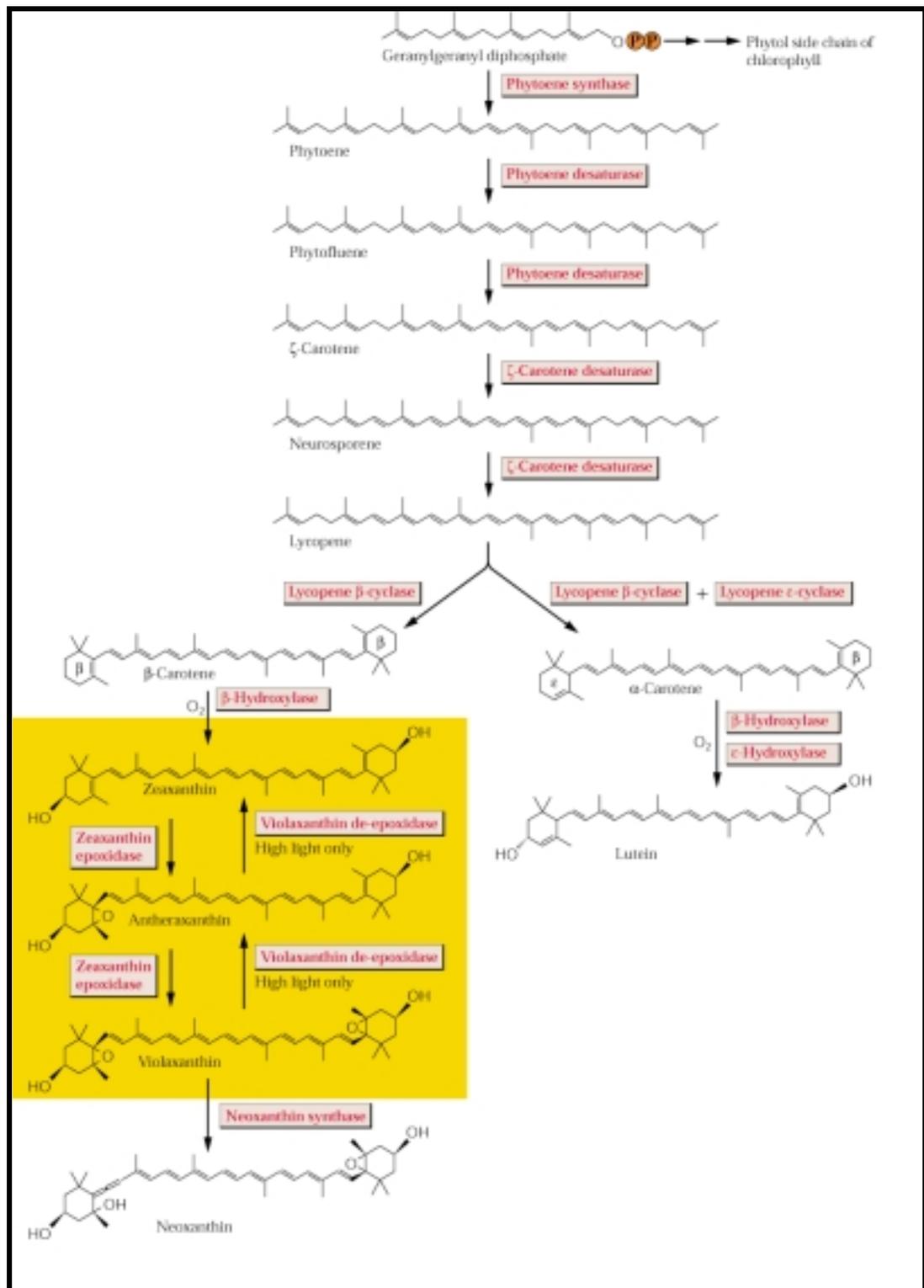


Figura 10 – Biossíntese de carotenóides e xantofilas. A rota para a conversão do geranylgeranyl difosfato a lycopeno é ilustrada na metade superior da Figura, e a conversão do lycopeno para  $\alpha$ - e  $\beta$ -caroteno e de  $\beta$ -caroteno para xantofilas é ilustrada na metade inferior da Figura (Buchanan et al., 2000).

## 2.4 Valor nutritivo e algumas características físicas e químicas dos frutos do mamoeiro

Dentre as várias substâncias que fazem parte da composição dos frutos de mamão, podemos destacar aquelas com atividade antioxidante, substâncias que evitam os efeitos danosos da formação de radicais livres, como carotenóides e vitamina C. Muitas das funções biológicas, como antimutagênico, anticarcinogênico e antienvhecimento, entre outras, são originárias desta propriedade antioxidante, que é fundamentalmente importante para a vida (Cook e Samman, 1996).

Estudos realizados por Souza (1998), quando comparou características físicas, químicas e sensoriais de polpa de mamões de cinco cultivares, detectaram teores de vitamina C da ordem de  $72 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$  de polpa nos cultivares do grupo 'Formosa' e  $90 \text{ mg}100\text{g}^{-1}$  e polpa nos cultivares do grupo 'Solo'. Estudos atualizados sobre composição nutricional na polpa de mamão se fazem necessários, visto que a cultura do mamoeiro tem sofrido constantes evoluções, com introdução de novas variedades e técnicas modernas de processamento e armazenamento pós-colheita.

Além da vitamina C, o mamão também apresenta potencial para constituir fonte alimentar de carotenóides. Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995), ao analisarem a composição de carotenóides em polpa de mamões por HPLC, encontraram concentrações semelhantes de  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina e de licopeno em mamões das cultivares 'Solo' e 'Formosa'. Este estudo verificou que os principais carotenóides com funções de atividade pró-vitamina A em polpa de mamões são  $\beta$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina. Quanto ao licopeno, foi o carotenóide predominante em mamões de polpas avermelhadas, não sendo detectado em polpas de mamão de cor alaranjada. De acordo com Rodriguez-Amaya (1993), diversos fatores influenciam a composição de carotenóides em alimentos, como estágio de maturação das plantas, cultivar, tipo de solo, clima, uso de agroquímicos, processamento e estocagem.

A porcentagem de sólidos solúveis é uma das principais características utilizadas para avaliar a qualidade dos frutos, sendo, muitas vezes, expresso como  $^{\circ}\text{Brix}$ . No entanto, apesar de ser de fácil e rápida determinação, existem algumas restrições à utilização do  $^{\circ}\text{Brix}$ . Por definição,  $^{\circ}\text{Brix}$  corresponde à porcentagem de matéria seca nas soluções de sacarose, quimicamente puras (Junior e Borges, 1965). Portanto o  $^{\circ}\text{Brix}$  lido no suco de frutas corresponde

à porcentagem de sólidos que teria uma solução de sacarose quimicamente pura de igual densidade. O °Brix contudo não deve ser confundido com o teor de sacarose no suco de frutas, pois está sujeito à interferência da sacarose e de todos os demais sólidos solúveis, constituintes do suco, capazes de alterar a densidade média da solução. Existe recomendação de, no mínimo, 11,5% de sólidos solúveis para que os frutos de mamão sejam bem aceitos pelos consumidores (Brasil, 1994).

A acidez em alimentos pode ser estimada facilmente por meio da titulação de amostras devidamente preparadas com soluções de hidróxido de sódio padronizadas (Gomes, 2003). O mamão é um fruto de baixa acidez, geralmente apresentando valores menores que 0,2% em ácido cítrico (Souza, 1998). Richmond et al. (1981) relatam que no estágio onde os frutos de mamão estavam totalmente maduros, observaram valores mínimos nos teores de ácidos não voláteis, sendo que 75 – 92% da acidez total foi proporcionada pelo ácido cítrico e málico.

Chan et al. (1971) utilizaram técnicas cromatográficas para identificar a presença do ácido  $\alpha$ -cetoglutárico, do ácido málico, do ácido cítrico, do ácido ascórbico, do ácido tartárico e do ácido galacturônico. Os ácidos cítrico e málico foram detectados em quantidades semelhantes, embora em magnitude dez vezes maior que o  $\alpha$ -cetoglutárico. O ácido ascórbico representava 18% da acidez titulável, enquanto os ácidos cítrico, málico e  $\alpha$ -cetoglutárico por aproximadamente 67%. Os teores de ácidos voláteis representavam 8%, ao passo que os ácidos galacturônico, tartárico, péctico, bem como outros não voláteis totalizaram 7% da acidez titulável.

## 3.0 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Amostras

Os frutos utilizados neste estudo foram provenientes de plantas de mamoeiro do grupo 'Formosa', *Tainung 01* (híbrido F<sub>1</sub>) e do grupo 'Solo', cultivar *Golden* de cultivos comerciais da empresa Caliman Agrícola S/A., localizada em Linhares, Estado do Espírito Santo. As lavouras foram conduzidas tecnologicamente nos padrões atuais da empresa, como: espaçamento de 3,60 x 2,0 x 1,80, plantio em fileira dupla, irrigação por microaspersão, solo sem cobertura morta. Foram realizados todos os tratamentos culturais de manejo da cultura (capina química com herbicida, nutrição mineral e orgânica, limpeza de folhas, frutos doentes, etc.).

A seleção dos frutos seguiu os critérios de seleção praticados pela empresa Caliman S/A em sua linha de operação de embalagem para frutos enviados ao mercado consumidor em território brasileiro. Foram selecionados 10 frutos com Mancha Fisiológica do Mamão (MFM) e 10 frutos sem MFM no estágio de maturação 1 (fruto com até 15% da superfície total da casca amarela) e no estágio de maturação 2 (frutos com até 25% da superfície total da casca amarela, ou seja, 1/4 madura). Caixas de papelão padrão para comercialização, paletização, armazenamento e transporte utilizados pela empresa Caliman S/A para frutos de mamão foram utilizadas para o transporte dos frutos até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF).

A Figura 11 ilustra frutos do híbrido *Tainung 01* com MFM. Estes mesmos frutos "maduros" podem ser observados na Figura 12.

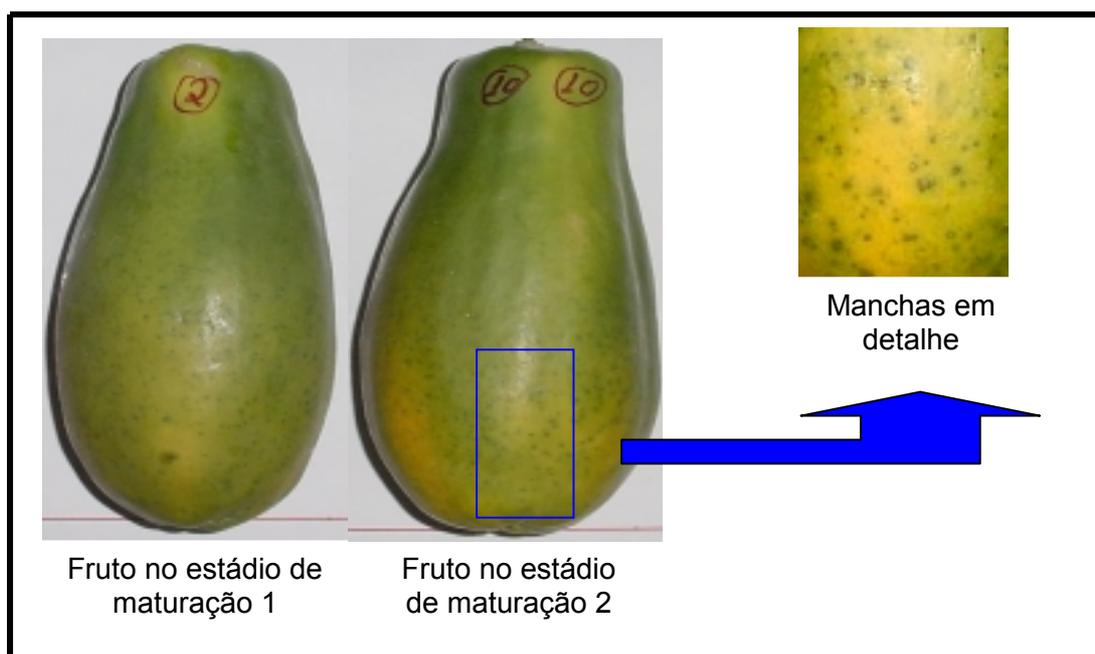


Figura 11 – Frutos com mancha, híbrido *Tainung 01*, no dia 06 de fevereiro de 2004, dia da chegada do fruto no laboratório.

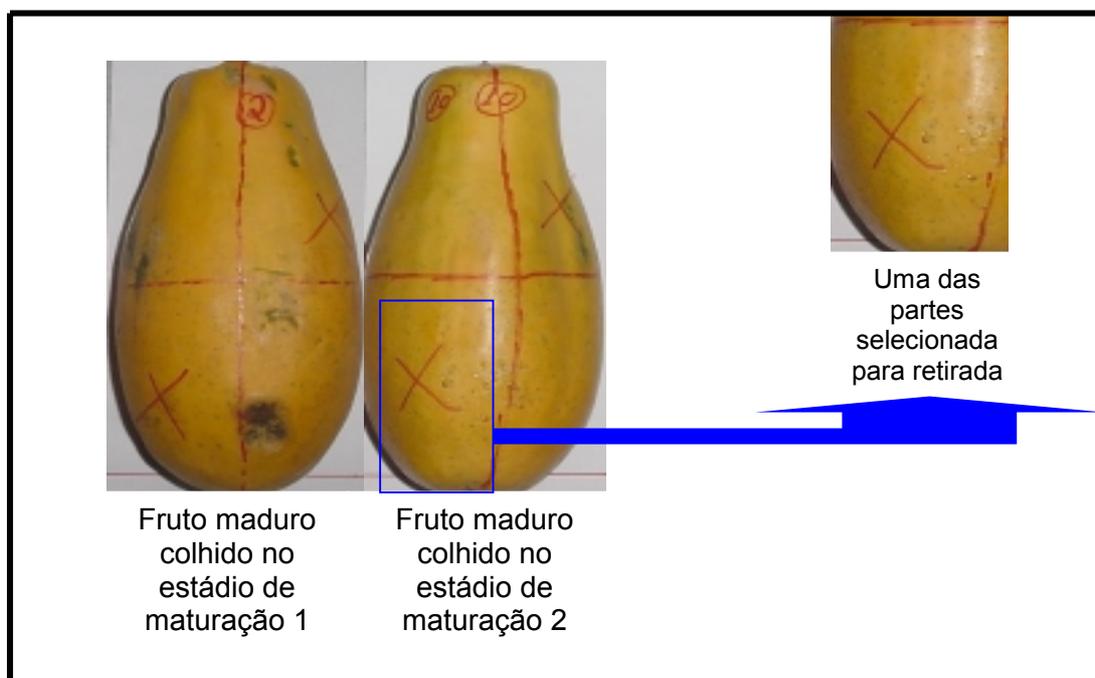


Figura 12 – Frutos com mancha, híbrido *Tainung 01*, considerados “maduros”. Estes frutos são os mesmos ilustrados na Figura 11.

As datas de colheita dos frutos para o grupo 'Formosa', híbrido *Tainung 01* foram 17 de janeiro de 2003 e 6 de fevereiro de 2004 e os do grupo 'Solo' cv. *Golden* dia 21 de março de 2003. Logo após a chegada dos frutos, no laboratório, foi realizada a pesagem individualmente. O peso de cada fruto foi monitorado diariamente, à medida que os mesmos apresentavam visualmente maior porcentagem de coloração amarela da superfície total da casca. A última pesagem dos frutos e análise dos mesmos foi realizada no dia em que todos os frutos colhidos no mesmo estádio de maturação apresentavam visualmente uma coloração da superfície total da casca acima de 75% amarela, sendo considerados "maduros".

Todos os frutos estudados ficaram acondicionados nas caixas em que foram transportados. Estas caixas ficaram emparelhadas lado a lado no piso do laboratório. A temperatura e a umidade relativa do ar média foi de  $25,8 \pm 0,88^{\circ}\text{C}$  e  $75 \pm 4,19\%$  para o híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 e os coletados em fevereiro de 2004 ficaram a uma temperatura de  $24,8 \pm 0,60^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $75,4 \pm 3,22\%$ .

Os frutos da cv. *Golden*, coletados em março de 2003, ficaram armazenados em temperatura e umidade relativa do ar de  $25,2 \pm 1,38^{\circ}\text{C}$  e  $61,2 \pm 6,83\%$ , respectivamente.

Todo o monitoramento de temperatura e umidade relativa foi realizado utilizando-se sensor de temperatura digital, marca TFA. As leituras, utilizando-se valores máximo e mínimo registradas por um período de 24 horas, foram coletadas diariamente.

Para a coleta da polpa, os frutos foram descascados, as sementes retiradas e partidos longitudinalmente e transversalmente, totalizando oito cortes. Foram separados destes cortes 2/8 da metade superior e 2/8 da metade inferior, de lados opostos, sem levar em consideração a exposição ao sol (Figura 12). Estes cortes foram triturados em um processador Arno modelo WWBC de 60Hz, série RK. Alíquotas deste homogeneizado, com peso exato de aproximadamente 5,0 gramas, foram acondicionadas em frasco de polietileno e imediatamente congeladas em nitrogênio líquido. Após o congelamento, todas as amostras foram transferidas para o freezer vertical, marca Cônsul, com capacidade para 415 litros e mantidas à temperatura de  $-25^{\circ}\text{C}$  até o momento das análises de ácido L-ascórbico, acidez titulável,  $\beta$ -caroteno e licopeno. Foram realizados testes para verificar se as condições de armazenamento propiciariam degradação destes componentes. Não

houve alterações nas análises das amostras realizadas imediatamente após a coleta e após seis meses de armazenamento.

### 3.2 Análises estatísticas

O experimento consistiu na análise de dados provenientes da amostragem de frutos selecionados ao acaso na casa de embalagem ou packing-house da empresa Caliman S/A, em três diferentes datas. Os frutos foram analisados após serem considerados “maduros”. O período de armazenamento dos frutos da data da seleção até o amadurecimento foi considerado como um fator ao acaso.

O delineamento experimental adotado foi o DIC (Delineamento inteiramente casualizado) em esquema fatorial com dez repetições, onde foram avaliados frutos em dois estádios de maturação. Em cada estágio de maturação avaliaram-se frutos sem mancha fisiológica e frutos com mancha fisiológica, perfazendo um total de 40 frutos do híbrido *Tainung 01* colhidos em janeiro de 2003, 40 frutos do mesmo híbrido colhidos em fevereiro de 2004 e 40 frutos da cv. *Golden* colhidos em março de 2003, perfazendo um total de 120 frutos analisados e, conseqüentemente, 120 unidades amostrais.

O modelo estatístico foi definido como:

$$Y_{ijk} = M + F_{1i} + F_{2j} + F_1F_{2ij} + F_{3k} + F_1F_{3ik} + F_2F_{3jk} + F_1F_2F_{3ijk} + e_{ijkr},$$

Onde a observação ( $Y_{ijk}$ ) é igual à média geral ( $M$ ) mais os efeitos devido à mancha ( $F_{1i}$ ), ao estágio de maturação ( $F_{2j}$ ), à época de colheita ( $F_{3k}$ ) e à variabilidade natural ( $e_{ijkr}$ ). O fator época de colheita representa frutos do híbrido *Tainung 01* colhidos em janeiro de 2003, frutos do mesmo híbrido colhidos em fevereiro de 2004 e frutos da cv. *Golden* colhidos em março de 2003.

As análises de variância foram realizadas no programa Saeg Software, ao nível de probabilidade de erro ( $\alpha$ ) de 5%.

As variáveis peso médio dos frutos, perda de peso dos frutos, percentagem da perda de peso dos frutos e acidez titulável foram discutidas descritivamente.

### 3.3 Análises físicas e químicas

Peso dos frutos – os frutos foram pesados logo após sua chegada ao laboratório, a qual corresponde aproximadamente 24 horas após a colheita. Os frutos da cv. *Golden* foram pesados em balança semianalítica (GEHAKA, modelo BC 2000) com precisão de centésimo de grama, enquanto que os frutos do híbrido *Tainung 01* foram pesados em balança Filizola modelo US-15, com precisão de meio grama.

Perda de peso total – os valores foram obtidos por meio da diferença entre o peso do fruto ao chegar ao laboratório e o peso dos frutos quando “maduros”. A porcentagem da perda de peso total foi encontrada usando-se a seguinte fórmula:

$$\% \text{ da perda de peso total} = \frac{\text{Perda de peso total} \times 100}{\text{Peso dos frutos inicial}}$$

PH – foi determinado por imersão direta do eletrodo do pHmetro modelo WTW pH 330/Set-1, com correção automática dos valores em função da temperatura, na polpa triturada e homogeneizada de cada fruto.

Sólidos solúveis (SS) – uma pequena alíquota da polpa foi colocada no prisma do refratômetro digital, modelo PR – 201, marca ATAGO. O índice de refração obtido é convertido automaticamente pelo equipamento à porcentagem de sólidos que teria uma solução de sacarose quimicamente pura de igual densidade. O resultado não deve ser confundido com o °Brix, uma vez que °Brix corresponde à porcentagem de matéria seca nas soluções de sacarose quimicamente puras, e na polpa de frutas, o índice de refração está sujeito à interferência de todos os demais sólidos solúveis, constituintes da polpa, capazes de alterar a densidade média da solução.

Acidez titulável (AT) – foi obtida de acordo com o método n° 22.058 na A.O.A.C. (1994) com a modificação da concentração de hidróxido de sódio (NaOH) de 0,1 para 0,01 N. Transferiram-se amostras da polpa com peso exato de, aproximadamente, 5,0 gramas para Erlenmeyer de 125 mL. Em seguida, acrescentaram-se, aproximadamente, 50 mL de água destilada e todo o conteúdo foi homogeneizado. As amostras assim preparadas foram tituladas com a solução padronizada de NaOH 0,01 N, usando-se o pH 8,3 para o ponto final da titulação, medido com a imersão direta do eletrodo do pHmetro modelo WTW pH 330/Set-1, com correção automática dos valores em função da temperatura.

Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico de acordo com a fórmula:

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{(V \times N \times P' \times 100)}{\text{Peso da amostra}}$$

Em que V é o volume de NaOH gasto na titulação (mL), N é a normalidade do NaOH, e P' o milequivalente do ácido predominante (ácido cítrico = 0,064).

Ácido L-ascórbico – a quantificação do ácido L-ascórbico foi realizada pelo método titulométrico com 2,6-dicloroindofenol (Cunniff, 1998), substituindo-se o ácido metafosfórico 10% por ácido oxálico 1%. Este método baseia-se na redução do 2,6-dicloroindofenol (2,6D), de cor roxa, pelo ácido ascórbico em meio ácido, tornando-se incolor. O ponto final de titulação é verificado quando todo o ácido ascórbico presente foi oxidado e a solução 2,6D, não reduzida, confere coloração rosada à solução. A metodologia foi testada titulando-se amostras adicionadas de 0,5, 1,0 e 1,5 mg de ácido L-ascórbico e diluídas em ácido metafosfórico 10% e em ácido oxálico 5% e 1%, não apresentando diferença nos resultados.

β-caroteno e licopeno – as amostras congeladas das polpas dos mamões, com peso exato de, aproximadamente, 5,0 gramas, foram transferidas para tubos de ensaio de plástico com graduação de 50 mL. Para proceder à extração dos carotenóides adicionaram-se, aproximadamente, 20 mL de solução etanol-hexano (1:1) ao tubo de ensaio contendo a amostra. O conteúdo foi

homogeneizado em Turratec TE 102 de marca TECNAL. O conteúdo homogeneizado foi filtrado em um sistema de filtração Advantec MFS, modelo 311400-KG47, usando-se membranas PTFE de 0,45 micra de diâmetro de poro. Toda a polpa retida na membrana foi novamente transferida para o tubo de ensaio, repetindo-se o processo de homogeneização, adição de, aproximadamente, 20 mL de etanol-hexano e filtração até a polpa perder completamente sua coloração (aproximadamente três vezes). Todo o filtrado foi transferido para um funil de separação, acrescentando-se 20 mL de hexano e 25 mL de água destilada. Depois de agitar suavemente por 30 a 60 segundos, ocorre separação de fases. A fase aquosa foi colocada em um segundo funil de separação e feita uma re-extração por duas ou três vezes com adição de, aproximadamente, 20 mL de solução etanol-hexano (1:1). Este processo se repetiu por três vezes e todo hexano combinado foi transferido para um erlenmeyer. Posteriormente, adicionou-se um pouco de sulfato de sódio anidro ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) e agitou-se manualmente por uns 30 segundos. Todo o conteúdo foi transferido para um balão de fundo redondo de 250 mL.

A concentração das amostras foi realizada em um evaporador rotatório a vácuo de marca Fisaton, modelo 802, a uma temperatura de, aproximadamente, 40°C e 100 RPM por um período médio de 25 minutos. Após a concentração, a amostra foi redissolvida em hexano e transferida para um balão volumétrico de cor âmbar e seu volume completado para 15 mL. Este volume foi transferido para frascos de cor âmbar e armazenados em freezer, onde, no mesmo dia, realizou-se a leitura dos carotenóides no cromatógrafo. Todas as etapas descritas nesta metodologia foram realizadas no mesmo dia.

Para a leitura dos carotenóides, foi usado Cromatógrafo Líquido SPD – 10 AV Shimadzu UV-VIS equipado com Detector espectrofotômetro UV-visível, com detecção a 470 nm; Injetor Shimadzu, equipado com loop de 50 µl; Coluna SUPELCOSIL™ LC-18 (5 micra), com 250 mm de comprimento e 4,6 mm de diâmetro interno. A fase móvel utilizada foi acetonitrila:clorofórmio (92:8) de grau cromatográfico com vazão de 1,5 mL/minuto. O tempo de corrida utilizado para cada análise foi de 25 minutos.

Todos os procedimentos foram realizados com as luzes do laboratório apagadas para prevenir a degradação dos carotenóides pela luz e estão de acordo com os procedimentos descritos por Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995) com

algumas modificações.

Todos os reagentes utilizados na fase móvel foram filtrados em um sistema de filtração Advantec MFS, modelo 311400-KG47, usando-se membranas PTFE para filtração de solventes orgânicos e aquosos, de 0,45 micra de diâmetro de poro, marca Millipore e degasificados sob ultrassom em lavadora ultrasônica, marca Ultra Sonic cleaner. Todas as amostras foram filtradas em filtro PTFE para filtrações de solventes orgânicos, com 0,45 micra de diâmetro de poro, marca Millipore e degasificados sob ultrassom em lavadora ultrasônica, marca Ultra Sonic cleaner. A análise foi conduzida injetando-se, aproximadamente, 1,0 mL do padrão de  $\beta$ -caroteno, licopeno e das amostras no cromatógrafo utilizando-se seringas descartáveis com capacidade para um volume de 3,0 mL.

Foi utilizado padrão para HPLC de  $\beta$ -caroteno e licopeno de marca SIGMA. O  $\beta$ -caroteno obtido sinteticamente com um mínimo de 95% de pureza e o licopeno com 90-95% de pureza. A embalagem de licopeno continha 1 mg e a embalagem de  $\beta$ -caroteno 5mg. Todo o conteúdo foi cuidadosamente retirado de suas embalagens usando-se hexano de grau HPLC da marca Sigma e transferidos para balões volumétricos de cor âmbar e completados para 30 mL. Desta solução, foram retiradas alíquotas para o preparo da curva padrão.

## 4.0 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Peso médio dos frutos

O peso dos frutos analisados neste trabalho podem ser observados na Tabela 4. Os frutos do híbrido *Tainung 01* com mancha tiveram um peso médio superior aos frutos sem mancha, exceto no estágio de maturação 2 na coleta de fevereiro de 2004, cujo valor médio foi de 1520 g para os frutos com mancha e 1551 g para os frutos sem mancha, ou seja, 31 g a mais para os frutos sem mancha. Para a cv. *Golden*, basicamente não houve diferença entre o peso dos frutos sem mancha e os acometidos pela mancha no estágio de maturação 1. Já no estágio de maturação 2, o peso médio dos frutos com mancha foi 407 g e o dos sem mancha 367 g, tendo, assim, uma diferença de 40 g entre os frutos com mancha e os frutos sem mancha nesse estágio de maturação.

De acordo com Costa e Pacova (2003), para o mamoeiro do grupo 'Formosa', buscam-se frutos, preferencialmente, com peso entre 800 e 1100 gramas (tamanho intermediário). O peso médio de 1320 g e 1515 g para os frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 e fevereiro de 2004, respectivamente, foi um pouco superior ao tamanho intermediário preferido pelo mercado, mas bem próximo ao peso médio de 1472 g encontrado por Oliveira (1999a). Souza (1998) cita uma faixa de variação com valores compreendidos entre 1202 g e 1352 g. Estes extremos são referentes ao híbrido *Tainung 01* colhidos no estágio de maturação 1 e 2, respectivamente. O valor de 389 g encontrado na cv. *Golden* está dentro da faixa ideal de peso descrita para exportação (340 a 510 g), mesmo estando um pouco abaixo do peso médio de 450 g

relatado por Costa e Pacova (2003). Fatores edafoclimáticos tais como: insolação, evapotranspiração, precipitação e outros podem agir e/ou interagir com maior ou menor intensidade afetando o peso dos frutos (Oliveira, 1999a).

De acordo com Gomes (2000), desvio padrão é a raiz quadrada da variância, e indica a influência dos fatores não controlados resumidos sob o nome de acaso. Quanto mais distante de zero for o valor do desvio padrão, maior é o desvio ou afastamento ou erro, entre os valores observados e a média verdadeira. Ou seja, quanto maior for o desvio, maior é a variação entre as medidas amostrais. E se o desvio padrão for igual a zero, todos os desvios seriam nulos e não haveria variação do acaso. Observa-se, na Tabela 4, que o peso dos frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 com mancha possuem um desvio padrão de 329,3 g e 353,8 g, nos estádios de maturação 1 e 2, respectivamente. Já nos frutos sem mancha, o desvio padrão foi de 206,0 g para o estádio de maturação 1 e 158,2 g para o 2. Estes resultados indicam maior variação do peso inicial nos frutos com mancha. Nos frutos coletados em fevereiro de 2004, maior variação do peso inicial dos frutos com mancha pode ser observado apenas no estádio de maturação 1, com um desvio padrão de 259,7 g para os frutos com mancha e 166,1 para os frutos sem mancha. No estádio de maturação 2, ocorreu uma exceção, pois nos frutos com mancha o desvio foi de 145,1 g e nos sem mancha foi 229,0 g. Para os frutos da cv. *Golden*, observam-se valores de desvio padrão bem próximos entre os frutos com e sem mancha e entre os estádios de maturação 1 e 2, indicando uma menor variação do peso inicial entre as unidades amostrais. Nos frutos *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003, com um desvio de 327,3 g (desvio padrão de 40 frutos), ocorreu a maior variação de peso inicial entre as unidades amostrais.

Tabela 4 – Peso dos frutos do híbrido *Tainung 01* e da cv. *Golden* sadios e acometidos pela mancha fisiológica, colhidos em diferentes épocas e estádios de maturação

Cultivar e época de coleta	Estádio de maturação	Mancha	Peso médio (gramas)	Desvio padrão (gramas)
<i>Tainung 01</i> coleta 17/01/03	01	Com	1462*	329,3
		Sem	1206*	206,0
	02	Com	1519*	353,8
		Sem	1094*	158,2
Média	----	----	1320**	327,3
<i>Tainung 01</i> coleta 06/02/04	1	Com	1541*	259,7
		Sem	1447*	166,1
	2	Com	1520*	145,1
		Sem	1551*	229,0
Média	----	----	1515**	202,7
<i>Golden</i> Coleta 21/03/03	1	Com	389*	47,1
		Sem	390*	50,2
	2	Com	407*	55,6
		Sem	367*	46,4
Média	----	----	389**	50,1

\* Média de 10 frutos.

\*\* Média de 40 frutos

## 4.2 Perda de peso dos frutos

Os valores de perda de peso total dos frutos (PT) e a porcentagem que representa esta perda total de peso em relação ao peso inicial dos frutos, em cada estágio de colheita, são mostrados na Tabela 5. Observam-se valores menores, tanto de PT como de porcentagem desta perda de peso em relação ao peso inicial, nos frutos colhidos nos estádios de maturação 2, para ambos os genótipos estudados. Souza (1998) relata a influência do estágio de maturação na colheita sobre a perda de peso do fruto durante o período pós-colheita. Uma possível causa deste comportamento seria o tempo levado para que os frutos dos diferentes estádios de maturação atingissem o estágio determinado para análise, considerados “maduros”, ficando armazenados em condições ambiente por um período de tempo mais longo os frutos colhidos no estágio de maturação 1.

A porcentagem de perda de peso dos frutos da cv. *Golden* foi, aproximadamente, o dobro do encontrado no híbrido *Tainung 01* (Tabela 5). Oliveira (1999a) encontrou uma maior perda de peso na cv. *Sunrise solo 72/12*, genótipo pertencente ao grupo ‘Solo’. Este autor descreve uma porcentagem média de perda de peso ao 7º dia do período pós-colheita, variando entre 7,54% para frutos coletados em agosto de 1998 e 6,02% para frutos coletados em dezembro do mesmo ano.

A perda de peso do fruto é resultante da difusão de vapor de água através da casca do fruto para o ambiente e pode ser afetada por muitos fatores como temperatura, pressão e umidade relativa do ar nos locais onde os frutos são estocados, bem como pelo tempo de exposição do fruto ao ambiente, o estágio de maturação no momento da colheita, os cuidados dispensados ao fruto na colheita, a espessura e a cobertura da casca (Coneglian, 1994; Mosca, 1992).

As conseqüências da perda de peso dos frutos podem ser tanto quantitativas como qualitativas. Quanto à qualidade dos frutos, destaca-se a diminuição da turgescência das células que afeta a textura característica da fruta, alterando suas características sensoriais e diminuindo o seu valor comercial (Viegas, 1992).

Tabela 5 – Perda de peso total dos frutos em gramas (PT) e porcentagem que esta perda de peso representa em relação ao peso inicial dos frutos

Cultivar e época de coleta	Estádio de maturação	Mancha	PT (gramas)	(%)
<i>Tainung 01</i> coleta 17/01/03	01	Com	58	4,0
		Sem	52	4,4
	02	Com	56	3,8
		Sem	42	3,8
<i>Tainung 01</i> coleta 06/02/04	1	Com	65	4,3
		Sem	56	3,9
	2	Com	41	2,7
		Sem	41	2,7
<i>Golden Coleta</i> 21/03/03	1	Com	29	7,6
		Sem	27	6,9
	2	Com	26	6,5
		Sem	23	6,2

PT = perda de peso média de 10 frutos durante o armazenamento.

% Porcentagem que o valor de PT representa em relação ao peso inicial dos frutos.

### 4.3 Acidez titulável (AT)

Os valores de acidez titulável das polpas dos frutos *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003, fevereiro de 2004 e *Golden* coletados em março de 2003, expressos como porcentagem de ácido cítrico, podem ser observados na Tabela 6. Conforme se pode observar, os valores situaram-se entre 0,16% e 0,19%. Souza (1998) cita uma faixa de variação com valores compreendidos entre 0,040% e 0,057%. Estes extremos são referentes às cultivares *Sunrise Solo 783*, no estádio 1, e *Know-You*, no estádio 3, respectivamente. De acordo com Oliveira (1999a), a porcentagem de ácido cítrico decresceu durante o período pós-colheita, nas duas cultivares estudadas, apresentando valores médios ao 7º dia de colhidos de 0,063% e 0,056% para a cultivar *Improved Sunrise Solo Line 72/12* e no híbrido *Tainung 01/781*.

A contribuição dos ácidos orgânicos para a qualidade sensorial dos frutos deve-se, principalmente, ao balanço entre seus conteúdos e os de açúcares, relação SS/AT. Esta relação alta contribui com um gosto doce na fruta, sendo o que acontece com os frutos de mamão.

O mamão é um fruto de baixa acidez, geralmente apresentando valores menores que 0,2% em ácido cítrico. No mamão, predominam os ácidos cítricos e málico, em quantidades iguais, seguidos do alfa-cetoglutárico em quantidade bem menor, os quais, juntamente com o ácido ascórbico, contribuem com 85% do total de ácidos no fruto. Todavia o conteúdo de ácido málico tende a decrescer à medida que o mamão amadurece (Balbino e Costa, 2003).

Tabela 6 – Médias de acidez na polpa de frutos sadios e com mancha fisiológica, coletados em diferentes épocas e estádios de maturação

Cultivar e época de coleta	Estádio de maturação	Mancha	Acidez (% ácido cítrico)
<i>Tainung 01</i> coleta 17/01/03	1	Com	0,17
		Sem	0,18
	2	Com	0,17
		Sem	0,17
<i>Tainung 01</i> coleta 06/02/04	1	Com	0,17
		Sem	0,17
	2	Com	0,16
		Sem	0,16
<i>Golden</i> coleta 21/03/03	1	Com	0,19
		Sem	0,19
	2	Com	0,19
		Sem	0,17

#### 4.4 pH e sólidos solúveis (SS)

Na Tabela 7 são mostrados os valores de pH e de sólidos solúveis (SS) na polpa dos frutos estudados. Os valores de pH 5,36 para o estágio de maturação 1, e 5,38 para o estágio 2, do híbrido *Tainung 01*, coletados em janeiro de 2003 não diferem entre si. Houve uma diferença significativa, pelo teste F a 5% de probabilidade, entre o valor de pH 5,21 e 5,32 nos estádios 1 e 2, respectivamente, do híbrido *Tainung 01* coleta de fevereiro de 2004. Os valores de pH 5,40 para o estágio 1, e 5,34 para o estágio 2, na cv. *Golden*, foram diferentes a 5% de probabilidade pelo teste F.

Observa-se, na Tabela 7, uma diferença significativa nos teores de sólidos solúveis (SS) entre os estádios de maturação estudados, encontrando-se teores de SS mais elevados, em ambos os genótipos, para o estágio 2. Esse resultado indica que, provavelmente, quanto mais avançado o estágio de maturação do fruto na colheita, maior será o teor de SS do mamão no final do período pós-colheita. Esta observação foi confirmada por Balbino e Costa (2003), Souza (1998) e Oliveira (1999a).

Conforme mostrado na Tabela 7, observa-se, uma variação de pH com valores médios compreendidos entre 5,21 e 5,46. Estes valores extremos são referentes aos frutos *Tainung 01* coletados em fevereiro de 2004, no estágio 1, com mancha e frutos *Golden*, no estágio 1, sem mancha. Manica (1982) relata que o mamão, quando maduro, possui valores de pH entre 5,20 e 6,25 na polpa. Oliveira (1999a) cita valores médios de 5,25 e 5,20, respectivamente, em polpa de frutos no 7º dia após colhidos para a cultivar *Improved Sunrise Solo Line 72/12* e no híbrido *Tainung 01/781*. Souza (1998) verificou que o pH não apresentou grandes variações, tanto em relação às cultivares quanto em relação aos estádios de colheita. Este autor cita uma faixa de variação com valores compreendidos entre 5,43 e 5,86. Estes extremos são referentes às cultivares *Santa Bárbara*, no estágio 3, e *Sunrise Solo 783*, no estágio 3, respectivamente.

Tabela 7 – Média dos valores de pH e porcentagem de sólidos solúveis (SS) na polpa dos frutos estudados

Cultivar e época de coleta	Estádio de maturação	Mancha	pH	Média*	SS (%)	Média** (%)
<i>Tainung 01</i> coleta 17/01/03	1	Com	5,33		11,3	
		Sem	5,39	5,36a	11,1	11,2b
	2	Com	5,40		12,1	
		Sem	5,37	5,38a	12,0	12,0a
<i>Tainung 01</i> coleta 06/02/04	1	Com	5,21		11,1	
		Sem	5,22	5,21b	10,5	10,8b
	2	Com	5,34		11,3	
		Sem	5,31	5,32a	11,4	11,3a
<i>Golden</i> coleta 21/03/03	1	Com	5,35		12,7	
		Sem	5,46	5,40a	11,9	12,3b
	2	Com	5,38		12,5	
		Sem	5,30	5,34b	12,8	12,7a

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas e dentro de cada época de colheita, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

\* Média de pH dos 20 frutos analisados no mesmo estágio de maturação.

\*\* Média de SS dos 20 frutos analisados no mesmo estágio de maturação.

Analisando a interação estágio de maturação/mancha entre todos os frutos estudados, observou-se nos frutos com mancha que os valores de pH detectados no estágio de maturação 1 diferiram significativamente dos valores detectados no estágio 2. Já entre os frutos sem mancha não houve diferença significativa (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores de pH das polpas dos frutos com mancha e sem mancha, colhidos em diferentes estádios de maturação

Estádio de Maturação*	Mancha	
	Com mancha	Sem mancha
Maturação 1	5,30 <b>b</b>	5,36 <b>a</b>
Maturação 2	5,37 <b>a</b>	5,33 <b>a</b>

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

\* Os valores de pH se referem à média dos valores observados nos frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003, fevereiro de 2004 e da cv. *Golden* coletados em março de 2003.

Devido às transformações bioquímicas, os teores e tipos de açúcares são variáveis nos diferentes estádios de desenvolvimento do mamão. A concentração de açúcares aumenta ligeiramente durante o desenvolvimento do fruto e acentuadamente com o início do amadurecimento do mesmo na planta (Balbino e Costa, 2003). Esse aumento se dá apenas enquanto o fruto está ligado à planta, uma vez que o mamão apresenta baixo teor de amido para ser hidrolisado em açúcares solúveis durante o climatério (Balbino, 1997). Os resultados apresentados por Balbino (1997) mostram que o teor de açúcares tende a se estabilizar durante o amadurecimento pós-colheita.

Teor de sólidos solúveis (SS) acima de 14% é considerado desejável no melhoramento do mamoeiro (Dantas e Morales, 1996). No Estado do Espírito Santo, tem-se observado uma discrepância em termos de SS no inverno e no

verão (Costa e Pacova, 2003). Alves et. al (2003) descrevem como padrão de produção e classificação dos frutos teores de SS de 11% a 14%, no inverno, e até 17%, no verão. Variações muito parecidas no teor de SS entre os frutos do grupo 'Solo' e 'Formosa' foram relatados por Oliveira (1999a), acreditando que estes cultivares sofrem efeitos dos mesmos fatores. O mesmo cita teores de SS médios dos frutos no 7º dia pós-colheita variando entre 11,5% na cultivar *Improved Sunrise Solo Line 72/12* e 10,4% no híbrido *Tainung 01/781*.

Observa-se, na Tabela 9, a média de pH e SS na polpa dos frutos, levando em consideração a época de colheita, que representa frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 e fevereiro de 2004 e da cv. *Golden* coletados em março de 2003. O valor médio, portanto, foi obtido a partir dos valores observados em 40 frutos, sendo 20 representantes do estádio 1 e 20 do estádio 2 de maturação, em cada época de coleta. Os valores de pH variaram de 5,27 a 5,37 e a porcentagem de SS de 11,1% a 12,5%. O pH do híbrido *Tainung 01* coletado em janeiro de 2003 foi diferente do pH, deste mesmo híbrido, coletado em fevereiro de 2004 e igual ao *Golden* coletado em março de 2003. Os teores de SS foram todos diferentes, ou seja, frutos *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 diferiram dos coletados em fevereiro de 2004 e ambos diferiram da cv *Golden*, ocorrendo, assim, para SS, diferença tanto entre época de colheita, como entre cultivar (Tabela 9).

Tabela 9 – Média dos valores de pH e porcentagem de sólido solúveis (SS) na polpa dos frutos estudados, considerando-se apenas a época de coleta

Cultivar e época de coleta	PH*	SS (%)*
<i>Tainung 01</i> , coleta 17/01/2003	5,37 <b>a</b>	11,6 <b>b</b>
<i>Tainung 01</i> , coleta 06/02/2004	5,27 <b>b</b>	11,1 <b>c</b>
<i>Golden</i> , coleta 21/03/03	5,37 <b>a</b>	12,5 <b>a</b>

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste Duncan.

\* Os valores de pH e SS referem à média dos valores observados em 40 frutos coletados nas três diferentes épocas.

O resumo da análise de variância para os valores de pH e sólidos solúveis (SS) dos frutos estudados, com os desdobramentos nos casos significativos, estão apresentados nos Quadros do Apêndice.

#### 4.5 Ácido L-ascórbico (vitamina C)

As médias dos teores de ácido L-ascórbico na polpa dos frutos analisados são mostradas na Tabela 10. Observa-se um valor médio de ácido L-ascórbico (AA), em mg  $100^{-1}$ g de polpa, de 62,0 nos frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em fevereiro de 2004, 69,8 nos frutos do mesmo híbrido coletados em janeiro de 2003 e 107,0 nos frutos da cv. *Golden*. Estes valores diferem estatisticamente, ocorrendo, assim, diferença tanto entre época de colheita, como entre cultivar.

A cv. *Golden* do grupo 'Solo', independentemente do estágio de colheita, apresenta maior teor médio de AA que o híbrido *Tainung 01*, do grupo 'Formosa'. De acordo com Oliveira (1999a), os teores médios de AA na polpa das frutas no 7º dia após a colheita foram, respectivamente, 86,0 e 73,8 mg  $100^{-1}$  g de amostra para a cultivar *Improved Sunrise Solo Line 72/12* e no híbrido *Tainung 01/781*. Souza (1998) cita uma faixa de variação com valores médios compreendidos entre 90,7 e 71,3 mg  $100^{-1}$ g de amostra para as cultivares *Sunrise Solo 783* e *Tainung 01*, respectivamente.

Islam et al. (1993) trabalharam com cinco grupos de frutas e relataram teores de ácido L-ascórbico com variação entre 88 a 118 mg  $100^{-1}$ g de polpa para frutos de mamões. Teores médios de 88 e 54 mg  $100^{-1}$ g de polpa foram relatados por Vinci et al. (1995) ao estudarem frutos de mamão amadurecidos natural e artificialmente, respectivamente.

Houve uma diferença significativa entre os teores de AA na polpa dos frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 e os coletados em fevereiro de 2004, mesmo sendo uma diferença de apenas 8,0 mg  $100^{-1}$ g de polpa. Segundo Badolato et al. (1996), a quantidade do ácido L-ascórbico em produtos naturais é influenciada por uma série de fatores, tais como o tipo de solo, a forma de cultivo, as condições climáticas, procedimentos agrícolas para a colheita, armazenamento e estocagem.

Tabela 10 – Médias dos teores de ácido L-ascórbico (AA) nos frutos estudados, em mg 100<sup>-1</sup> g de polpa

Cultivar e época de coleta	Estádio de maturação	Mancha	Ácido L-ascórbico (mg 100 <sup>-1</sup> g)	Média* (mg 100 <sup>-1</sup> g)
<i>Tainung 01</i> coleta 17/01/03	1	Com	70,2	<b>69,8b</b>
		Sem	63,0	
	2	Com	77,8	
		Sem	68,2	
<i>Tainung 01</i> coleta 06/02/04	1	Com	67,9	<b>62,0c</b>
		Sem	59,9	
	2	Com	59,9	
		Sem	60,3	
<i>Golden</i> coleta 21/03/03	1	Com	111,0	<b>107,0a</b>
		Sem	101,5	
	2	Com	112,4	
		Sem	103,1	

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

\* Média de 40 frutos em cada data de coleta.

Na Tabela 11 são mostrados os teores de AA na polpa dos frutos *Tainung 01* e *Golden*, sem e com mancha fisiológica. Conforme se pode observar, detectaram-se teores de AA mais elevados nos frutos com mancha fisiológica em todas as datas de coleta.

Tabela 11 – Teores médios de ácido L-ascórbico na polpa dos frutos *Tainung 01* e *Golden*, sem e com mancha fisiológica

Mancha	Teor de ácido L-ascórbico (mg 100 <sup>-1</sup> g de polpa)		
	<i>Tainung 01</i> coleta 17/01/2003	Tainung 01 coleta 06/02/2004	Golden coleta 21/03/2003
Com*	74,0a	63,9a	111,7a
Sem*	65,6b	60,1b	102,3b

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

\* Refere-se aos valores médios de ácido L-ascórbico de 20 frutos, sendo 10 do estágio de maturação 1 e 10 do estágio de maturação 2.

A incidência da mancha fisiológica do mamão (MFM) é maior na face do fruto exposta à radiação solar, bem como na região mediana do fruto (Lima, 2003). Segundo Smirnoff (1996), a radiação solar é um fator que estimula a síntese de ácido L-ascórbico pelas plantas, o que pode ter influenciado nos teores de ácido L-ascórbico dos frutos com mancha, uma vez que o mesmo tende a receber incidência maior de radiação solar.

De acordo com Lima (2003), na região Norte Fluminense, foi verificado que a incidência da mancha fisiológica do mamão (MFM) foi maior no mês de outubro e quase nula no mês de janeiro. Os frutos estudados neste trabalho foram coletados em janeiro, fevereiro e março, apresentando, assim, baixa infestação de mancha nos frutos.

No caso de mamões afetados pela MFM, mais estudos são necessários para esclarecer a razão destes apresentarem teores de AA mais elevados que os frutos sadios. Os frutos com MFM podem ser menos aptos para oxidar o ácido L-ascórbico. A MFM pode ser desencadeada por um limite de temperatura que acarreta redução na atividade da ascorbato peroxidase, prejudicando, assim, o mecanismo de defesa dependente da oxidação do ácido L-ascórbico. Seja como for, do ponto de vista nutricional, embora o consumidor venha rejeitando os frutos com mancha fisiológica, estes apresentaram teores mais elevados de ácido L-ascórbico que os sem mancha.

O resumo da análise de variância, para os valores de ácido L-ascórbico está apresentado no apêndice, Quadro 2.

#### **4.6 $\beta$ -caroteno e licopeno**

Os teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno na polpa dos frutos estudados são mostrados na Tabela 12. Observaram-se comportamentos diferentes entre os teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno, quando se compara o estágio de maturação 1 e 2. Para os frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003, houve diferença significativa entre os dois estádios de maturação, tanto para licopeno quanto para  $\beta$ -caroteno. Os teores médios foram de 20,3  $\mu\text{g/g}$  e 27,3  $\mu\text{g/g}$  de licopeno nos estádios de maturação 1 e 2, respectivamente. Quanto ao  $\beta$ -caroteno foram de 4,1  $\mu\text{g/g}$  no estágio de maturação 1 e 5,2  $\mu\text{g/g}$  no estágio de maturação 2. Já na polpa dos frutos *Tainung 01* coletados em fevereiro de 2004, houve diferença significativa apenas entre os teores médios de licopeno, que foram de 23,7  $\mu\text{g/g}$  e 31,7  $\mu\text{g/g}$  nos estádios de maturação 1 e 2, respectivamente. Os teores médios de 2,8  $\mu\text{g/g}$  e 2,1  $\mu\text{g/g}$  para  $\beta$ -caroteno nos estádios de maturação 1 e 2, respectivamente, não diferem significativamente a 5% pelo teste F. Com a cultivar *Golden*, cujos frutos foram coletados em março de 2003, ocorreu comportamento inverso ao observado com os frutos *Tainung 01* coletados em fevereiro de 2004. Nessa cultivar, o teor médio de licopeno, variando entre 14,7  $\mu\text{g/g}$  e 16,1  $\mu\text{g/g}$ , não diferiu significativamente, mas os teores de  $\beta$ -caroteno, variando entre 3,3  $\mu\text{g/g}$  e 4,7  $\mu\text{g/g}$ , foram estatisticamente diferentes.

Tabela 12 – Teores de licopeno e  $\beta$ -caroteno na polpa dos frutos estudados

Cultivar e época de coleta	Estádio de maturação	Mancha	Licopeno ( $\mu\text{g/g}$ )	Média* ( $\mu\text{g/g}$ )	$\beta$ -caroteno ( $\mu\text{g/g}$ )	Média* ( $\mu\text{g/g}$ )
<i>Tainung 01</i> coleta 17/01/03	1	Com	15,7		3,1	
		Sem	24,9	20,3b	5,1	4,1b
	2	Com	28,5		5,6	
		Sem	26,1	27,3a	4,8	5,2a
<i>Tainung 01</i> coleta 06/02/04	1	Com	25,1		3,4	
		Sem	22,2	23,7b	2,2	2,8a
	2	Com	33,9		2,3	
		Sem	29,4	31,7a	1,9	2,1a
<i>Golden</i> coleta 21/03/03	1	Com	14,4		3,3	
		Sem	15,0	14,7a	3,4	3,3b
	2	Com	17,0		4,8	
		Sem	15,1	16,1a	4,6	4,7a

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas e dentro de cada época de colheita, diferem entre si em nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

\* Média de 20 frutos em cada estágio de maturação para os híbridos. *Tainung 01* coletados em fevereiro de 2004 e *cv Golden* coletados em janeiro de 2003. Para os híbridos *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003 a média foi obtida a partir de 10 frutos em cada estágio de maturação.

Apesar de na média final não existir diferença significativa entre os teores de  $\beta$ -caroteno e licopeno dos frutos sadios e acometidos com mancha fisiológica do mamão (MFM), os frutos com a MFM tiveram, em média, teores um pouco mais elevados de licopeno e  $\beta$ -caroteno, com exceção dos frutos do híbrido *Tainung 01* coletados em janeiro de 2003, no estádio de maturação 1. Neste grupo, os teores de licopeno foram de 15,7  $\mu\text{g/g}$  nos frutos com MFM e 24,9  $\mu\text{g/g}$  nos frutos sem mancha e os teores de  $\beta$ -caroteno de 3,1  $\mu\text{g/g}$  nos frutos com MFM e 5,1  $\mu\text{g/g}$  nos frutos sem mancha. O resumo da análise de variância, para os valores de  $\beta$ -caroteno e licopeno dos frutos estudados, estão apresentados no apêndice (Quadro 3).

O teor médio de licopeno na polpa dos frutos analisados neste trabalho foi de 22,3  $\mu\text{g/g}$ . Setiawan et al. (2001) detectaram teor médio de 57,5  $\mu\text{g/g}$  e Rodriguez-Amaya (2000) relata teores médios de 21  $\mu\text{g/g}$  de polpa em frutos do grupo 'Solo' originário do Estado da Bahia e de 19  $\mu\text{g/g}$  e 26  $\mu\text{g/g}$  em frutos do grupo 'Formosa' colhidos em São Paulo e Bahia, respectivamente. Em tomates, que são considerados produtos ricos em licopeno, Tavares e Rodriguez-Amaya (1994) detectaram teores médios de 31,1  $\mu\text{g/g}$  para trans-licopeno e 3,0  $\mu\text{g/g}$  para o cis-licopeno em polpa destes frutos frescos, cultivar Santa Cruz. Conforme se pode observar na Tabela 11, o menor valor foi detectado na cv. *Golden*, 14,4  $\mu\text{g/g}$  de polpa, e o maior valor, 33,9  $\mu\text{g/g}$  de polpa, no híbrido *Tainung 01*.

O licopeno foi o carotenóide encontrado em maior quantidade na polpa dos frutos analisados. Esta observação é condizente com as de Wilberg e Rodriguez-Amaya (1995), Rodriguez-Amaya (2000) e Setiawan et al. (2001). Esse carotenóide não possui atividade de vitamina A, mas contribui para a cor avermelhada da polpa do fruto. A cor das polpas dos frutos da cv. *Golden* se apresentou mais clara que as do híbrido *Tainung 01*, o que pode ser decorrente de seus menores teores de licopeno, entre 17,0 e 14,4  $\mu\text{g/g}$  de polpa.

Rodriguez-Amaya (1996) relata que os principais carotenóides precursores de vitamina A na polpa de frutos de mamões são  $\beta$ -criptoxantina e  $\beta$ -caroteno. Conforme mostrado na Tabela 12, detectou-se variação nos teores de  $\beta$ -caroteno entre 1,9 a 5,6  $\mu\text{g/g}$  de polpa dos frutos estudados. Rodriguez-Amaya (1996) relata uma variação de 1,2 a 6,1  $\mu\text{g/g}$  de  $\beta$ -caroteno em polpa frescas de diversos frutos de mamões. Este estudo descreve diferenças entre frutos do mesmo grupo originados de Estados diferentes, por exemplo, frutos do grupo 'Formosa' originados de São

Paulo com teor médio de  $\beta$ -caroteno de 1,4  $\mu\text{g/g}$  e frutos vindos da Bahia com 6,1  $\mu\text{g/g}$ . Condições de cultivo, maturação, variedades ou cultivar, locais geográficos e estações do ano são variáveis relatadas por Setiawan et al. (2001) capazes de proporcionar variação nos teores de carotenóides de frutos.

O teor médio de  $\beta$ -caroteno encontrados na polpa dos frutos analisados neste trabalho foi de aproximadamente 3,7  $\mu\text{g/g}$ . Este valor corresponde, aproximadamente, a 62  $\mu\text{g}$  de Equivalente de Retinol (ER) por 100g de amostra, usando a relação de conversão de 6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno para 1 ER. A recomendação diária para um adulto é de, aproximadamente, 1000  $\mu\text{g}$  de RE (FAO/WHO, 2003). Segundo Rodriguez-Amaya (1996) o mamão é uma fonte moderada de provitamina A, com média de 82 a 190  $\mu\text{g}$  de RE/100g, incluindo a contribuição do  $\beta$ -criptoxantina. Os frutos *Tainung 01* coletados em fevereiro de 2004 foram os que tiveram os mais baixos teores de  $\beta$ -caroteno, com valores entre 1,9 e 3,4  $\mu\text{g/g}$  de polpa. Já os teores mais elevados foram detectados nestes híbridos coletados em janeiro de 2003, 5,6  $\mu\text{g/g}$  de polpa.

As Figuras 13, 14, 15 e 16 representam cromatogramas obtidos por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). A Figura 13 representa cromatograma da polpa de fruto do híbrido *Tainung 01*, a 14 da cv. *Golden* e a 15 e 16 dos padrões de licopeno e  $\beta$ -caroteno, respectivamente.

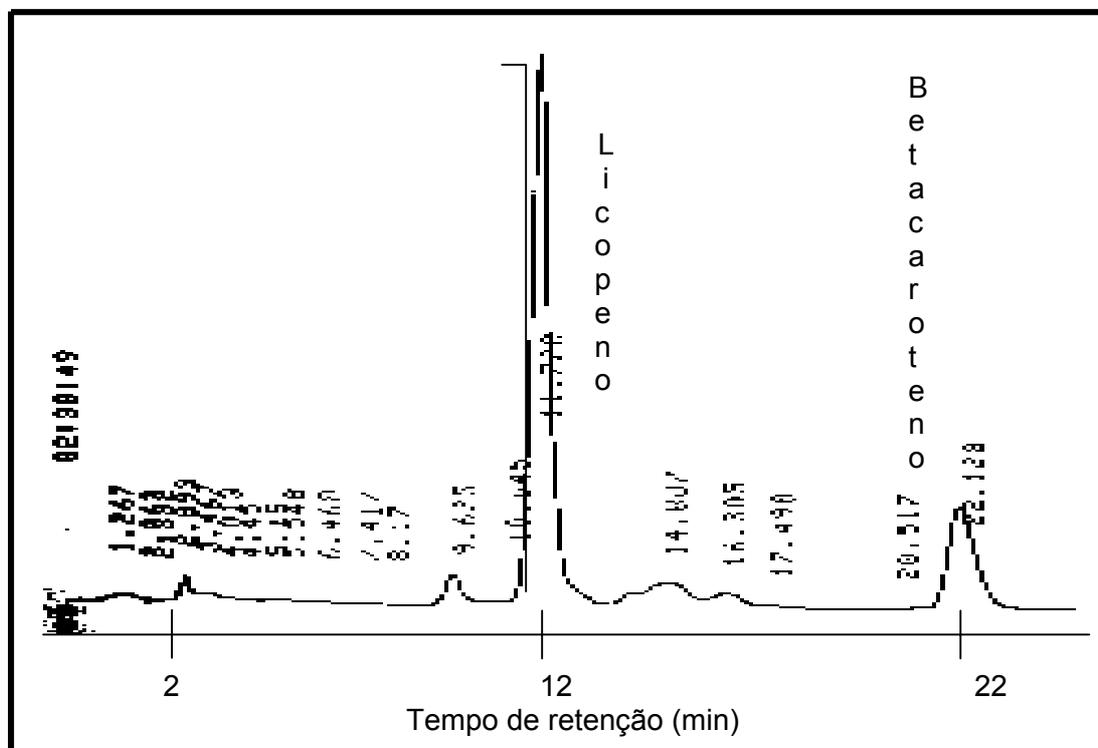


Figura 13 – Cromatograma típico de carotenóides da polpa de frutos da cv. *Golden*.

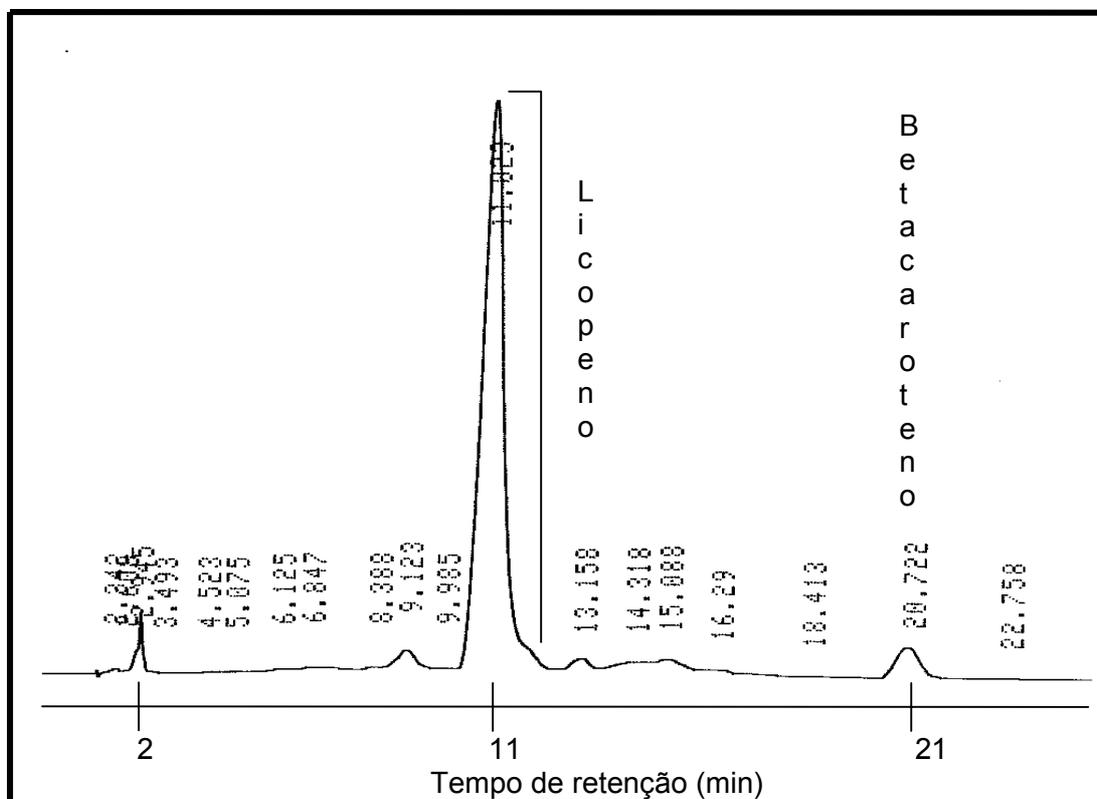


Figura 14 – Cromatograma típico de carotenóides da polpa de frutos do híbrido *Tainung 01*.

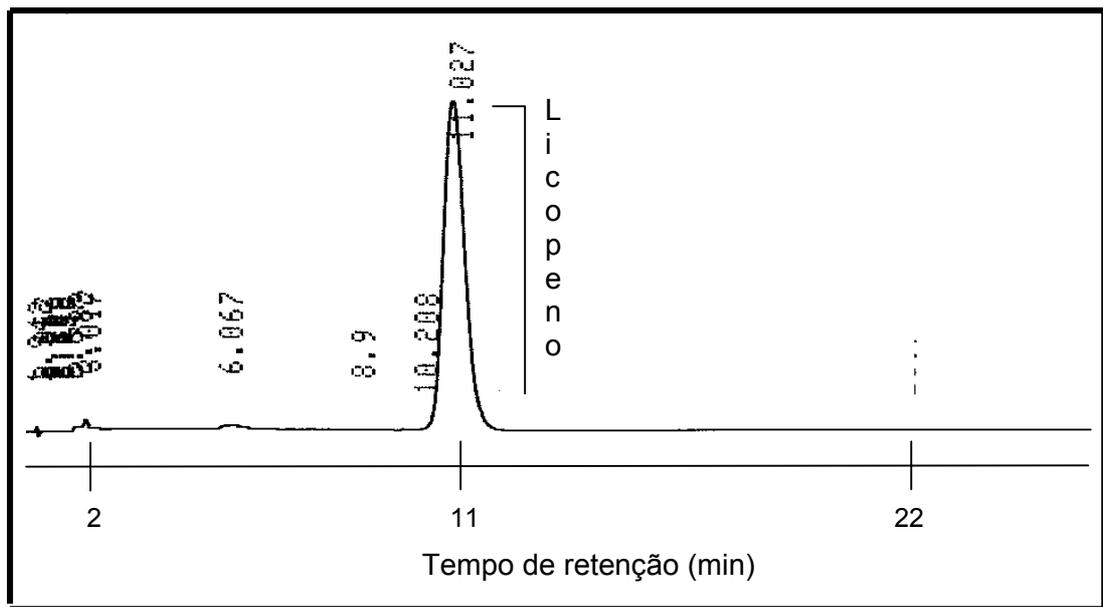


Figura 15 – Cromatograma do padrão de licopeno.

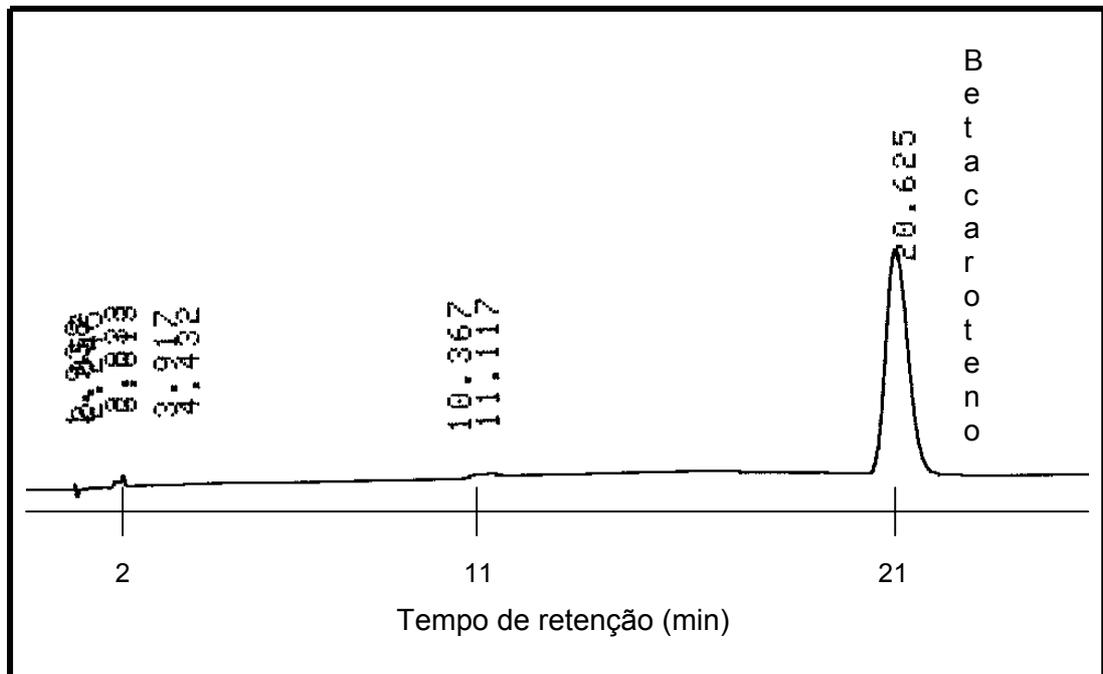


Figura 16 – Cromatograma do padrão de  $\beta$ -caroteno.

## 5.0 CONCLUSÕES

Os valores de pH situaram-se entre 5,21 e 5,46, não havendo diferença significativa entre os valores observados entre os frutos acometidos com a mancha fisiológica do mamão (MFM) e frutos sem a MFM. Com relação aos estádios de maturação, houve diferença significativa para a cv *Golden* e híbrido *Tainung 01* coleta de fevereiro de 2004. Na cv *Golden* os valores foram de 5,40 e 5,34 e híbrido *Tainung 01* 5,21 e 5,32 para os estádios de maturação 1 e 2, respectivamente.

A porcentagem de sólidos solúveis situou-se entre 10,5 e 12,8. Os frutos colhidos no estádio de maturação 1 apresentaram teores de sólidos solúveis, aproximadamente, 1% menor que os colhidos no estádio de maturação 2. Não houve diferença significativa entre os valores observados entre os frutos acometidos com a mancha fisiológica do mamão (MFM) e frutos sem a MFM.

A acidez titulável, expressa em porcentagem de ácido cítrico, foi de 0,16 a 0,18% nos frutos do híbrido *Tainung 01* e 0,17 a 0,19% na cv *Golden*.

Os teores médios de ácido L-ascórbico (AA) foram de 69,8, 62,0 e 107,0 mg AA.100<sup>-1</sup>g de polpa no *Tainung 01* coleta de janeiro de 2003, fevereiro de 2004 e na cv. *Golden*, respectivamente. Nos frutos com mancha fisiológica, independente da época de colheita e genótipo, os teores de ácido L-ascórbico foram mais elevados que nos sem mancha.

Os teores de licopeno foram de 14,4 a 33,9 µg/g de polpa. O menor teor foi detectado na cv *Golden* colhida no estádio de maturação 1 e o teor mais elevado nos frutos *Tainung 01* coletados no estádio de maturação 2 em fevereiro de 2004. Os teores de licopeno foram mais elevados nos frutos colhidos no estádio de maturação 2, embora só tenha havido diferença significativa no caso dos híbridos

*Tainung 01*. Com relação à presença da MFM, não houve diferença significativa entre os valores observados nos frutos acometidos com a MFM e os frutos sem a MFM.

Os teores de  $\beta$ -caroteno situaram-se entre 1,9 e 5,6  $\mu\text{g/g}$  de polpa. O menor teor foi detectado nos frutos *Tainung 01* coletados no estágio de maturação 2 em fevereiro de 2004 e o mais elevado nos *Tainung 01* coletados no estágio de maturação 2 em janeiro de 2003. Não houve diferença entre frutos com e sem mancha, entretanto, os teores foram mais elevados nos frutos coletados no estágio de maturação 2, com exceção dos *Tainung 01* de fevereiro de 2004.

O peso médio dos frutos do híbrido *Tainung 01* foi de 1094 a 1551 g. Na cultivar *Golden*, o peso variou entre 367 a 407 g. A perda de peso durante o período de armazenamento foi, em média, de 51g para os frutos *Tainung 01* e 26g para os frutos da cv *Golden*, o que corresponde a 3,6% e 6,7% do peso total desses frutos, respectivamente.

## 6.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, S., Rao, A. V. (1998) Tomato lycopene and low density lipoprotein oxidation: a human dietary intervention study. *Lipids*. 33:981-984.
- Almeida, C. O. (2003) “Fruticultura brasileira: de abacaxi em abacaxi chegaremos lá” In: Feitosa, C. (ed.) *I Semana Acadêmica de Horticultura do Espírito Santo, SEAHORTES*. Alegre, ano 1 – N° 1 – Outubro: 10-12.
- Almeida-Muradian, L.B., Penteado, M.V.C. (1987) Carotenóides com atividade pró-vitamina A de cenouras (*Daucus carota* L.) comercializadas em São Paulo, Brasil. *R. Farm. Bioquím. Univ. São Paulo*, 23 (2):133-141.
- Almeida-Muradian, L.B. (1991) *Carotenóides da batata-doce (Ipomoea batatas, L.) e sua relação com a cor das raízes*. Tese (Doutorado) - São Paulo - SP, Universidade de São Paulo - USP, 97p.
- Alves, F.L. (2003) A cultura do mamão *Carica papaya* L. no mundo. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 13-34.

- Alves, F.L., Pacova, B.E.V., Galveas, P.A.O. (2003) Seleção de plantas matrizes de mamão, grupo *Solo*, para produção de sementes. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 105-114.
- A.O.A.C. – Association of Official Analytical Chemists. (1984) *Official methods of analysis*. Washington, 1015p.
- Aranha, F.Q., Barros, Z.F., Moura, L.S.A., Gonçalves, M.C.R., Barros, J.C., Metri, J.C., Souza, M.S. (2000) O papel da vitamina C sobre as alterações orgânicas no idoso. *Revista de Nutrição da PUCCAMP*, 13 (2) - Maio/Agosto:89-97.
- Badolato, M.I.C.B., Sabino, M., Lamardo, L.C.A., Antunes, J.L.F. (1996) Estudo comparativo de métodos analíticos para determinação de ácido ascórbico em sucos de frutas naturais e industrializados. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, out/dez., 16 (3):206-210.
- Balbino, J.M.S. (1997) *Efeitos da hidrotermia, refrigeração e ethephon na qualidade pós-colheita do mamão (Carica papaya L.)*. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 104p.
- Balbino, J.M.S. (2003) Colheita, pós-colheita e fisiologia do amadurecimento do mamão. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 405-439.
- Balbino, J.M.S., Costa, A.F.S. (2003) Crescimento e desenvolvimento dos frutos do mamoeiro do 'Grupo Solo' e padrão de qualidade In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 389-401.
- BRAPEX. Associação Brasileira dos Exportadores de Papaya. Disponível em: <<http://www.brापex.net>>. Acesso em: 23 de janeiro de 2005.

- Brasil. (1994) Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária - SDR - FRUPEX. *Mamão para exportação: Aspectos Técnicos da Produção*. EMBRAPA, Brasília - DF, 52p.
- Britton, G. (1991) Carotenoids. In: Charlwood, B., Banthorpe, D. (eds.) *Methods in plant biochemistry*. London: Academic Press, 7:473-518.
- Britton, G. (1992) Carotenoids. In: Hendry, G.F. (ed.) *Natural foods colorants*. New York: Blackie, 141-148.
- Brody, T. (1994) *Nutritional biochemistry*. Califórnia: Academic Press. 658p.
- Buchanan, B.B., Gruissem, W., Jones, R. L. (2000) *Biochemistry & molecular biology of plants*. Editora Address editorial correspondence to American Society of Plant Physiologists, Monona Drive, Rockville, USA, 1367p.
- Chagas, M.H.C., Flores, H., Campos, F.A.C.S., Santana, R.A., Lins, E.C.B (2003) Teratogenia da vitamina A. *Rev. Brás. Saúde Mater. Infant.*, Recife, jul./set., 3 (3):247-252.
- Chan, H.T.Jr., Chang, T.S.K., Stafford, A.E., Brekke, J.E. (1971) Nonvolatile acids of papaya. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 19 (2):263-265.
- Claydesdale, F.M., Ho, C., Lee, C.Y., Mondy, N.I., Shewfelt, R.L. (1991) The effects of postharvest treatment and chemical interactions on the bioavailability of ascorbic acid, thiamin, vitamin A, carotenoids and minerals. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 30 (6):599-638.
- Coneglian, R.C. (1994) *Efeitos da refrigeração, fungicida e de alguns reguladores na fisiologia pós-colheita de mamão (Carica papaya L) cv. Solo*. Tese (Doutorado em Botânica) - Botucatu - SP, Universidade Estadual Paulista - UNESP, 143p.

- Conn, P.F., Schalch, W., Truscott, T.G. (1991) The singlet oxygen and carotenoid interaction. *J. Photobiol. B. Biol.*, 11:41-47.
- Cook, N. C., Samman, S. (1996) Flavonoids-chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 7 (2):66-76.
- Costa, A.F.S., Pacova, B.E.V. (2003) Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas do melhoramento genético do mamoeiro. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 51-102.
- Cunniff, P. (ed.), Official methods of analyses. (1998) Ed 16<sup>th</sup>, Maryland, Gaithersburg - Washington: AOAC internacional, Vol. 1, Chapter 45:16-18.
- Dantas, J.L.L e Morales, C.F.G. (1996) Melhoramento genético do mamoeiro. In: Mendes, L.G., Dantas, J.L. L., Morales, C.F.G (eds.) *Mamão no Brasil*. Cruz das Almas - BA: EUFBA / EMBRAPA - CNPMFT, 121-143.
- Dantas, J.L.M. (2000) In: *Frutas do Brasil, Mamão Produção (Aspectos Técnicoas)*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento – EBRAPA, Brasília-DF, 1:9.
- Draetta, I.S., Shimokomaki, M., Yokomizo, Y., Fujita, J.T., Menezes, H. C., Bleinroth, E. W. (1975) Transformações bioquímicas do mamão (*Carica papaya* L.) durante a maturação. *Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos*. 6:395-408.
- Eloisa, M., Reyes, Q., Paull, R.E. (1994) Skin freckles on solo papaya fruit. *Scientia Horticulturae*. 58:31-39.

FAO/WHO: *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. (2003) Report of a FAO/WHO expert consultation, Geneva, (WHO Technical Report Series, N° 916). Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em 6 novembro de 2003.

Fennema, O.R. (2000) *Química de los alimentos*, 2ª. Edição, Ed. ACRIBIA, S. A., ZARAGOZA, Espanha. 1258p.

Filho, W.S.S., Dantas, J.L.L. (2003) Melhoramento genético de fruteiras na Embrapa Mandioca e Fruticultura, In: Feitosa, C. (ed.) *I Semana Acadêmica de Horticultura do Espírito Santo, SEAHORTES*. Alegre, ano 1 – N° 1 - Outubro: 31-35.

Fonseca, M.J.O. (2002) *Conservação Pós-colheita de Mamão (Carica papaya L.): Análise das Cultivares Sunrise Solo e Golden, sob Controle de Temperatura e da Atmosfera*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual Norte Fluminense - UENF, 166p.

Franco, G. (2002) *Tabela de composição química dos alimentos*. 9ª ed. São Paulo: Editora Atheneu, 307p.

Gomes. F.P. (2000) *Curso de estatística experimental*. 14ª ed. Rev. ampl. - Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ, Universidade de São Paulo, 477p.

Gomes, J.C. (2003) *Análise de alimentos*. 2ª ed. Rev. ampl. - Viçosa: UFV, DTA : FUNARBE, 154p.

Gray, J., Picton, S., Shabeer, J., Schuch, W., Grierson, D. (1992) Molecular biology of fruit ripening and its manipulation with antisense genes. *Plant Mol. Biol.*, 19:69-87.

- Hua, J.Y., Li, T.D., Qing, H.Z., Ji, Y., Jun, D.Y., Ling, H.L., Bin, Z.Y. (2003) Environmental Stresses and Redox Status of Ascorbate. The Chinese Academy of Sciences, *Acta Botanica Sinica*, 45 (7):795-801.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 5 de novembro de 2003.
- Ilker, R.B., Kader, A.A., Morris, L.L. (1977) Anatomical changes associated with the development of gold fleck and fruit pox symptoms on tomato fruit. *Phytopathology*. 67:1227-1231.
- Islam, M.N., Colon, T., Vargas, T. (1993) Effect of prolonged solar exposure on the vitamin C contents of tropical fruits. *Food Chemistry*, 48:75-78.
- Junior, J.L., Borges, J.M. (1965) *Açúcar de Cana*. Imprensa Universitária, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais - Viçosa, 328p.
- Junior, M.E.O., Manica, I. (2002) Principais países produtores de frutas no ano de 2002, In: *Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF)*, disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 15 novembro de 2003.
- Kaiser, C., Allan, P., White, B.J., Dehrmann, F.M. (1996) Some morphological and physiological aspects of freckle on papaya (*Carica papaya* L.) fruit. *Journal of South Africa Society Horticulture Science*. Scottsville, 6:37- 41.
- Krause, M. V., Mahan, L.K (1985) *Alimento, nutrição & dietoterapia*, Livraria Roca LTDA: São Paulo - SP, Brasil. 1052p.
- Lehninger, A.L., Nelson, D.L., Cox, M.M. (2000) *Princípios de bioquímica*. Tradução de Arnaldo Antonio Simões e Wilson Roberto Navega Lodi . São Paulo - Brasil: reimpressão, 839p.

- Levine, M., Rumsey, S., Wang, Y., Park, J., Kwon, O., Xu, W., Amano, N. (1997) Vitamina C. In: Ziegler, E.E., Jr. Filer, L.J (eds.) Organización Mundial de la Salud/Organización Panamericana de la Salud. *Conocimientos actuales sobre nutrición*. 7 ed. Washington, D.C., ILSI/OPS: 155-169.
- Lima, H.C. (2003) *Relações entre estado nutricional, as variáveis do clima e a incidência da mancha fisiológica do mamão (Carica papaya L.) no norte fluminense*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual Norte do Fluminense - UENF, 60p.
- Manica, I. (1982) *Fruticultura tropical: mamão*. São Paulo - SP: editora agronômica Ceres, 276p.
- Marin, S.L.D., Gomes, J.A., Salgado, J.S. (1987) *Recomendações para a cultura do mamoeiro cv. Solo no estado do Espírito Santo*. 3. ed. Rev. Ampl., Vitória, ES: Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA. Circular Técnico), 65p.
- Marin, S.L.D. (1988) Propagação do mamoeiro. *Anais do 2º Simpósio Brasileiro sobre a Cultura do Mamoeiro*, Jaboticabal - SP, 25 a 28 janeiro. FCAV/UNESP, 177-194.
- Marin, S.L.D., Silva, J.G.F (1996). Aspectos econômicos e mercados para a cultura do mamoeiro do grupo Solo na região norte do Espírito Santo. In: *Mamão no Brasil*. Cruz das Almas, BA: EUFBA/EMBRAPA - CNPMF, 7.
- Martins, D.S., Malavasi, A. (2003) Systems approach na produção de mamão do espírito santo, como garantia de segurança quartenária contra moscas-das-frutas. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 347-385.

Mitchell, H. S., Rynbergen, H. J., Anderson, L., Dibble, M. (1978) *Nutrição*. 16 ed. Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda, 567p.

Mosca, J.L. (1992) *Conservação pós-colheita de frutos do mamoeiro (Carica papaya L) Improved Sunrise Solo Lise 72/12', com utilização de filmes protetores e cera, associados à refrigeração*. Tese (Mestrado em Agronomia) - Jaboticabal - SP, Faculdade de ciências agrárias e veterinárias - UNESP. "Campus" de Jaboticabal, 91p.

Oliveira, C.P.M.S. (1999) *Vitamina A*. *Revista de nutrição e saúde*; disponível em: <<http://www.fugesp.org.br/Revistas/nutricao.htm>> Acesso em 08 de dezembro de 2003, pagina mantida pela FUGESP.

Oliveira, M.A.B. (1999a) *Variações de Algumas Características Fisiológicas dos Frutos de Mamoeiro (Carica papaya L.) em Função de Diferentes Épocas de Colheita*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual Norte do Fluminense - UENF, 73p.

Oliveira, A.A.R., Barbosa, C.J., Filho, H.P.S., Filho, P.E.M. (2000) In: *Frutas do Brasil, Mamão Produção (Aspectos Técnicos)*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento - EBRAPA, Brasília - DF, 43-52.

Olson, J. (1996) Carotenoid, vitamin A and cancer. *Journal Nutr.*, 116:1127-1130.

Pauling, L.(1988) *Como viver mais e melhor: o que os médicos não dizem sobre sua saúde*. 4 ed. São Paulo: Best Seller, 400p.

Pereira, A.S. (2002) *Teores de carotenóides em cenoura (Daucus carota L.) e sua relação com a coloração das raízes*. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 128p.

- Pereira, M.G. (2003) Melhoramento genético do mamoeiro (*Carica papaya* L.): desenvolvimento e recomendação de híbridos. In: Feitosa, C. (ed.) *I Semana Acadêmica de Horticultura do Espírito Santo, SEAHORTES*. Alegre, ano 1 – N° 1 – Outubro: 61-65.
- Resende, M.R.V., Salgado, S.M.L., Chaves, Z.M. (2003) Espécies ativas de oxigênio na resposta de defesa de plantas a patógenos. *Fitopatologia Brasileira*, 28 (2) - Março/Abril:123-130.
- Richmond, M.L., Brandão, S.C.C., Gray, J.I., Markakis, P., Stine, C.M. (1981) Analysis of simple sugars and sorbitol in fruit by High Performace Liquid Chromatography. *Journal of Agricultural & Food Chemistry.*, 29:4-7.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (1985) Os carotenóides como precursores de vitamina A. *Bol. Soc. Brás. Ci. Tecnol. Alim.*, 19 (4):227-242.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (1989) Critical review of provitamin A determination in plant foods. *J. Micronutr. Anal.*, 5 (1):191-225.
- Rodriguez-Amaya, D.B., Amaya-Farfán, J. (1992) Estado actual de los métodos analíticos para determinar provitamina A. *Arch. Latinoamer. Nutr.*, 42 (2):180-191.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (1993) Nature and distribution of carotenoids in foods. In: Charalambous, F. (ed.) *Shelf life studies of foods and beverages - chemical, biological, physical and nutritional aspects*. Amsterdam: Elsevier Science, 547-589.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (1993a) Stability of carotenoids during the storage of foods. In: Charalambous, F. (ed.) *Shelf life studies of foods and beverages - chemical, biological, physical and nutritional aspects*. Amsterdam: Elsevier Science, 591-624.

- Rodriguez-Amaya, D.B. (1996) Assessment of the provitamin A contents of foods - the brazilian experience. *Journal of food composition and analysis*, 9:196-230.
- Rodriguez-Amaya, D.B. (2000) Some considerations in generating carotenoid data for food composition tables. *Journal of food composition and analysis*, 13:641-647.
- Salgado, J.S., Costa, A.N. (2003) Solos cultivados com o mamoeiro. In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p.117-124.
- Sanches, J. (2003) Pós-colheita de mamão, In: *Informe-on-line Toda Fruta*. Edição de 24/09/2003, disponível em: <[http:// www.todafruta.com.br](http://www.todafruta.com.br)>. Acesso em: 15 novembro de 2003.
- Setiawan, B., Sulaeman, A., Giraud, D.W., Driskell, J.A. (2001) Carotenoid content of selected Indonesian fruits. *Journal of food composition and analysis*, 14:169-166.
- Sgarbieri, V. C. (1987) *Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento*. Campinas: Editora da UNICAMP, 387p.
- Shi, J., Maguer, M.L. (2000) Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical Reviews in Biotechnology*. 20 (4):293-334.
- Simão, S. (1998) Mamoeiro. In: *Tratado de Fruticultura*. Piracicaba: FEALQ, 1:541-575.
- Siqueira, F.M., Oetterer, M., Regitano-D'arce, M.A.B. (1997) Nutrientes Antioxidantes. *Art. Tecn., Bol. Soc. Bras. De Ciênc. E Tecnol. De Alim.*, 31 (2):192-199.

- Smirnoff, N. (1996) The Function and Metabolism of Ascorbic Acid in Plants, *Annals of Botany Company*. 78:661-669.
- Souza, G. (1998) *Características Físicas, e Sensoriais do Fruto de Cinco Cultivares de Mamoeiro (Carica papaya L.) produzidas em Macaé - RJ*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 68p.
- Souza, J.S. (2000) In: *Frutas do Brasil, Mamão Produção (Aspectos Técnicos)*. Ministério da Agricultura e do Abastecimento – EBRAPA, Brasília - DF, 10.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. Tradução de Eliane Romanato Santarém [et al.] - 3 ed. - Porto Alegre: Artmed, 719p.
- Tavares , C.A e Rodriguez-Amaya, D.B. (1994) Carotenoid composition of brazilian tomatoes and tomato products. *Lebensm-Wiss Technol.*, 27:219-224.
- Ueno, B., Neves, E.F, Machado Filho, J.A., Yamanishi, O.K., Fagundes, G.R., Campostrini, E. (2002) *Mancha fisiológica em frutos de mamoeiro no oeste da Bahia*. Relatório de trabalho da parceria Universidade de Brasília com os produtores de mamão da associação dos Irrigantes do Oeste da Bahia (AIBA). Brasília - DF, 109p.
- Ventura, J.A., Costa, H., Tatagiba, J. S. (2003) Manejo das doenças do mamoeiro In: Martins, D.S., Costa, A.F.S. (eds.) *A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção*. Vitória - ES, p. 231-308.
- Viegas, P.R.A. (1992) *Características químicas e físicas do mamão (Carica papaya L.) cultivares 'Sunrise Solo' e 'Formosa' relacionados ao ponto de colheita*. Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal) - Viçosa - MG, Universidade Federal de Viçosa - UFV, 82p.

Vinci, G., Botre, F., Mele, G., Ruggieri, G. (1995) Ascorbic acid in exotic fruits: a liquid chromatographic investigation. *Food Chemistry*, 53:211-214.

Wilberg, V.C., Rodriguez-Amaya, D.B. (1995) HPLC quantitation of major carotenoids of fresh and processed guava, mango and papaya. *Lebensm-Wiss. Technol.* 28 (5):474-480.

Wong, D.W.S. (1995) *Química de los Alimentos: Mecanismo y teoría*. Ed. ACRIBIA, S.A., ZARAGOZA, Espanha. 475p.

Zambolim, L. (2002) *Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas*, Viçosa: UFV, 672p.

## **7.0 APÊNDICE**

Quadro 1 – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de pH e sólido solúveis (SS), na polpa dos frutos estudados

FV	GL	Quadrado médio	
		pH	SS
Mancha	1	0,00229687 <sup>ns</sup>	0,7568408 <sup>ns</sup>
Estádio de maturação (Est. mat.)	1	0,01887521 <sup>ns</sup>	11,98904*
Mancha x Est. mat.	1	0,08295021*	1,882507 <sup>ns</sup>
Época de colheita <sup>1</sup>	2	0,1425252*	16,57044*
Mancha x Época de colheita	2	0,001586875 <sup>ns</sup>	0,09736583 <sup>ns</sup>
Est. mat. x Época de Colheita	2	0,07249021*	0,3950158 <sup>ns</sup>
Mancha x Est. mat. x Ép. de Coleta	2	0,01708521 <sup>ns</sup>	0,2098575 <sup>ns</sup>
Resíduo	108	0,007939144	0,6183844
Total		119	

\* F significativo a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> Híbrido *Tainung 01* coleta de janeiro de 2003, fevereiro de 2004 e cv *Golden* coleta de março de 2003.

Quadro 1A – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de pH, na interação estágio de maturação/mancha

FV	GL	Quadrado médio	F
Com mancha	1	0,090481	11,3968*
Sem Mancha	1	0,01134375	1,4288 <sup>ns</sup>
Resíduo	108	0,007939144	

\* F significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 1B – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de pH na interação estágio de maturação/época de colheita

FV	GL	Quadrado médio	F
<i>Tainung 01</i> , coleta 17/01/2003	1	0,00729	0,9182 <sup>ns</sup>
<i>Tainung 01</i> , coleta 06/02/2004	1	0,119353	15,0339*
<i>Golden</i> , coleta 21/03/03	1	0,037210	4,6869*
Resíduo	108	0,00793914	

\* F significativo a 5% de probabilidade.

Quadro 2 – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de ácido L-ascórbico, na polpa dos frutos estudados

FV	GL	Quadrado médio	F
Mancha	1	1565,329	17,78*
Estádio de maturação (Est. mat.)	1	58,0614	0,66 <sup>ns</sup>
Mancha x Est. mat.	1	32,1564	0,37 <sup>ns</sup>
Época de colheita <sup>1</sup>	2	23122,09	262,65*
Mancha x Época de colheita	2	88,4921	1,01 <sup>ns</sup>
Est. mat. x Época de Colheita	2	258,6915	2,94 <sup>ns</sup>
Mancha x Est. mat. x Ép. de Coleta	2	79,0832	0,90 <sup>ns</sup>
Resíduo	108	88,0353	
Total	119		

\* F significativo a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> Híbrido *Tainung 01* coleta de janeiro de 2003, fevereiro de 2004 e cv *Golden* coleta de março de 2003.

Quadro 3 – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de  $\beta$ -caroteno e licopeno, na polpa dos frutos estudados

	Fv	GL	Licopeno		$\beta$ -caroteno	
			QM	F	QM	F
<i>Tainung 01</i> coleta	Est. mat	1	241,1651	12,86*	6,1494	5,65*
dia 17/01/2003	Mancha	1	57,1558	3,05 <sup>ns</sup>	2,0801	1,92 <sup>ns</sup>
	Est. Mat. X mancha	1	167,9101	8,96*	9,5634	8,82*
<i>Tainung 01</i> (17/01/2003) x outros		1	81,6272		32,2161	
	Época de colheita <sup>1</sup>	1	3022,262	161,21*	48,9470	45,13*
<i>Tainung 01</i>	Est. mat.	1	439,2836	23,43*	2,2738	2,10 <sup>ns</sup>
coleta dia	Mancha	1	95,9615	5,12*	3,9494	3,64 <sup>ns</sup>
06/02/2004	Ép. colheita x Est. Mat.	1	223,3834	11,92*	19,6895	18,15*
e	Ép. colheita x Mancha	1	48,0811	2,57 <sup>ns</sup>	2,5145	2,32 <sup>ns</sup>
<i>Golden</i>	Est. Mat. X Mancha	1	19,6089	1,04 <sup>ns</sup>	0,5401	0,50 <sup>ns</sup>
Coleta dia	Ép. de coleta x Est.					
21/03/03	Mat. x Mancha	1	0,8313	0,044 <sup>ns</sup>	1,5570	1,44 <sup>ns</sup>
Residuo		88	18,7471		1,0846	
Total		99				

\* F significativo a 5% de probabilidade.

<sup>1</sup> Híbrido *Tainung 01* coleta de fevereiro de 2004 e cv *Golden* coleta de março de 2003.

Quadro 3 A – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de licopeno e  $\beta$ -caroteno, na interação estágio de maturação/mancha

FV	GL	Licopeno		$\beta$ -caroteno	
		QM	F	QM	F
Com mancha	1	405,7690	21,64*	15,5252	14,31*
Sem mancha	1	3,3063	0,18 <sup>ns</sup>	0,1877	0,17 <sup>ns</sup>
Resíduo	88	18,7471		1,0846	

\* F significativo a 5% de probabilidade

Quadro 3 B – Resumo da análise de variância com aplicação do teste F, para os valores de licopeno e  $\beta$ -caroteno, na interação estágio de maturação/época de colheita

FV	GL	Licopeno		$\beta$ -caroteno	
		QM	F	QM	F
<i>Tainung 01, coleta</i>					
dia 06/02/2004	1	644,5885	34,38*	4,2906	3,96 <sup>ns</sup>
<i>Golden, coleta</i>					
dia 21/03/03	1	18,0785	0,96 <sup>ns</sup>	17,6727	16,29*
Resíduo	88	18,7471		1,0846	

\* F significativo a 5% de probabilidade.