

TEORES DE ÁCIDO L-ASCÓRBICO EM FRUTAS E SUA
ESTABILIDADE EM SUCOS

FERNANDA DOS SANTOS NOGUEIRA

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO – 2011

TEORES DE ÁCIDO L-ASCÓRBICO EM FRUTAS E SUA
ESTABILIDADE EM SUCOS

FERNANDA DOS SANTOS NOGUEIRA

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

Orientadora: Prof^a.Dr^a. Karla Silva Ferreira

CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
MARÇO – 2011

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCTA / UENF 070/2011

Nogueira, Fernanda dos Santos

Teores de ácido L-ascórbico em frutas e sua estabilidade em sucos
/ Fernanda dos Santos Nogueira. – 2011.
68 f. : il.

Orientador: Karla da Silva Ferreira
Dissertação (Mestrado - Produção Vegetal) – Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2011.
Bibliografia: f. 60 – 68.

1. Composição de alimento 2. Quantidade nutricional 3.
Antioxidante 4. Tempo de batimento 5. Monitoramento I. Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias. II. Título.

CDD – 663.63
664.8

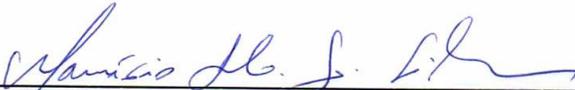
TEORES DE ÁCIDO L-ASCÓRBICO EM FRUTAS E SUA
ESTABILIDADE EM SUCOS

FERNANDA DOS SANTOS NOGUEIRA

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

Aprovada em 31 de março de 2011.

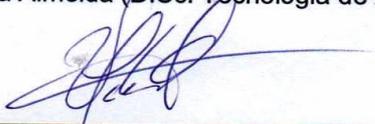
Comissão Examinadora:



Prof. Maurício Henriques Louzada Silva (D.Sc., Ciência e Tecnologia de Alimentos) – IF Sudeste MG



Profª. Selma Bergara Almeida (D.Sc. Tecnologia de Alimentos) UENF



Prof. Victor Haber Perez (Ph.D., Engenharia Química) – UENF



Profª. Karla Silva Ferreira. (D.Sc., Ciência e Tecnologia de Alimentos) –
(Orientadora)

Esquecendo-me das coisas que para trás ficam
e avançando para as que estão diante de mim, prossigo em direção ao alvo.
Filipenses 3.13

DEDICATÓRIA

À Deus que me sustentou.

À minha avó Zenira que me incentivou em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que é luz, verdade e sustentação na minha vida para enfrentar este desafio.

Os meus agradecimentos a minha família: avó Zenira, pelo encorajamento e constantes orações, aos meus pais Fernando e Inez, que sempre me apoiaram, meus irmãos pelas vezes que me ajudaram e Fellipe, pelo amor e por todas as palavras de incentivo.

Minha orientadora, Prof^a.Dr^a.Karla, pelo apoio, mesmo estando longe me ajudou em todas as dúvidas, e me encorajou a chegar ao fim.

À Juliana Lauredo, Alice, Jaqueline, Neila, Thayná, Caroline, Rebeca e Sarah por todo o suporte e amizade.

Prof^o.Dr^a Selma pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Técnica Valdinéia pelo incentivo e ajuda desde que cheguei ao laboratório de Tecnologia de Alimentos. Val, obrigada por tudo!

Aos professores integrantes da banca examinadora, Prof. Dr. Maurício, Prof^a. Dr^a.Selma e o Prof. Ph.D. Victor pela colaboração neste trabalho e por terem aceitado participar da banca.

Aos meus alunos e colegas de trabalho por me darem ânimo.

À UENF por proporcionar esta oportunidade de crescimento.

E por fim, à vitamina C que me inspirou este trabalho, e reduziu boa parte das substâncias oxidantes que geraram no meu metabolismo devido ao estresse adquirido neste período.

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	Xi
RESUMO.....	Xii
ABSTRACT.....	Xiv
1.INTRODUÇÃO.....	01
2.OBJETIVOS.....	04
2.1-OBJETIVO GERAL.....	04
2.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	04
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	05
3.1- A descoberta do ácido L-ascórbico (vitamina C).....	05
3.2 – Importância das frutas na alimentação humana.....	06
3.3 - Características químicas do ácido L-ascórbico.....	08
3.4 - Função do ácido L-ascórbico no organismo.....	13
3.5 - Metabolismo do ácido L-ascórbico.....	16
3.6 - Degradação do ácido L-ascórbico “in vitro”.....	17
3.7- Síntese de ácido ascórbico pelas plantas e seu processo de regeneração e degradação “in vivo”.....	19
3.8 - Trabalhos desenvolvidos sobre teores de ácido L-ascórbico em frutas e derivados industrializados.....	24
3.9 - Capacidade antioxidante nos frutos.....	27
3.10– Considerações sobre as metodologias para determinação do ácido L-ascórbico.....	28
3.10.1 - Metodologia Oficial AOAC.....	29
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
4.1 - MATÉRIA PRIMA.....	30

4.1.1 - Frutas <i>in natura</i>.....	30
4.1.2 - Preparação dos sucos.....	31
4.2- ANÁLISE FÍSICO QUÍMICAS.....	34
4.2.1- Análise do ácido L-ascórbico.....	34
4.2.2 – Análise de sólidos solúveis (°brix).....	34
4.2.3 – Análise do pH.....	35
4.2.4- Análise Estatística.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1- Variação dos teores de vitamina C, sólidos solúveis e pH em frutas.....	36
5.2 - Estabilidade da vitamina C em sucos (Abacaxi, Laranja, Limão, Maçã, Mamão, Manga, Maracujá, Melancia e Morango).....	40
5.3 - Avaliação do tempo de liquidificação e adição de hortelã sobre a estabilidade da vitamina C em sucos de Abacaxi	52
6. CONCLUSOES.....	58
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teores de Vitamina C em frutas.....	Pág 24
Tabela 2: Frutas analisadas, variedade e local de coleta.....	30
Tabela 3: Modo de preparo dos extratos das matérias-primas para a fabricação dos sucos puros e misturados de diversas frutas.....	32
Tabela 4: Modo de preparo dos sucos.....	33
Tabela 5: Valores médios e amplitude dos teores de Vitamina C, (mg/100 gramas), pH e sólidos solúveis (°Brix) das frutas <i>in natura</i>	36
Tabela 6: Quantidade de vitamina C degradada (mg/100 mL) nos sucos ao longo das 26 horas de armazenamento.....	43
Tabela 7: Teores de vitamina C (mg/100mL) em diferentes sucos, no tempo inicial e após 26 horas de armazenamento em temperatura de 5 a 7°C (tempo final) e porcentagem de degradação ocorrida durante este período.....	47
Tabela 8: Média, desvio padrão e faixa de variação dos valores de pH e °Brix nos sucos após 26 horas de armazenamento em temperatura 5 e 7°C.....	50
Tabela 9: Quantidade de vitamina C degradada (mg/100 mL) nos sucos durante 26 horas de armazenamento.....	54
Tabela 10: Teores de vitamina C (mg/100 mL) nos diferentes sucos de abacaxi no tempo inicial após 26 horas de armazenamento, em temperatura de 5 e 7°C (tempo final) e porcentagem de degradação ocorrida durante este período.....	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Fórmula estrutural dos ácidos L-ascórbico (A) e L-deidroascórbico (B).....	8
Figura 2: Oxidação do ácido L-ascórbico a L-deidroascórbico.....	9
Figura 3: Formação do sistema enona no ácido L-deidroascórbico.....	9
Figura 4: Dissociação do ácido semideidroascórbico.....	10
Figura 5: Formação do ácido deidroascórbico.....	10
Figura 6: Estrutura da vitamina.....	10
Figura 7: Anel γ -lactona da vitamina C e isômeros do ácido ascórbico e ascorbato.....	11
Figura 8: Acidez das hidroxilas na molécula de ácido ascórbico.....	12
Figura 9: Reação de oxidação do ácido L-ascórbico a ácido deidroascórbico e de hidrólise deste último ao ácido 2,3 diceto-L-gulônico.....	12
Figura 10: Fatores que afetam a degradação do ácido L-ascórbico.....	17
Figura 11: Possíveis rotas da biossíntese do ácido L-ascórbico em vegetais.....	21
Figura 12: Síntese do glicuronato e da vitamina C.....	22
Figura 13: Reações químicas e principais enzimas envolvidas na formação e degradação das espécies ativas de oxigênio (EAO's) nas plantas. Radical monodeidroascórbico (MDA*).....	23
Figura 14: Cinética de degradação da vitamina C em diferentes sucos. (A) sucos de laranja e mamão; (B) sucos de maçã, melancia e morango; (C) sucos de manga e maracujá; (D) sucos de limão.....	41
Figura 15: Cinética de degradação da vitamina C nos diferentes sucos de abacaxi.....	53

Resumo

NOGUEIRA, Fernanda dos Santos, Professora de química, M.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Março de 2011. Teores de ácido L-ascórbico em frutas e sua estabilidade em sucos. Orientadora: Prof^a. Dr^a. Karla Silva Ferreira

A vitamina C atua como agente antioxidante, na redução de radicais livres de oxigênio e na redução de íons metálicos. Sua deficiência no organismo acarreta defeitos na síntese do colágeno, de neurotransmissores, absorção de ferro etc. Os seres humanos estão entre os poucos seres vivos que não possuem a capacidade de sintetizar vitamina C. Entre os alimentos considerados fontes de vitamina C destacam-se as frutas, que são também consumidas na forma de sucos. Por outro lado, o preparo dos sucos para ser consumido no decorrer do dia é questionado devido à baixa estabilidade da vitamina C. Este trabalho propôs o estudo da avaliação dos teores de vitamina C em algumas frutas e o monitoramento de sua degradação nos sucos de frutas durante 26 horas de armazenamento a 5-7°C e também o efeito de batimento e adição de hortelã na estabilidade da vitamina C. Também foram determinados o pH e °Brix das frutas e respectivos sucos. Os sucos foram preparados conforme é o habitual pela população e a quantificação do ácido L-ascórbico foi realizada pelo método titulométrico, utilizando-se uma solução de 2,6-dicloroindofenol (2,6D). Os teores de vitamina C foram muito variáveis, de 1,4 a 2,4 mg/100 gramas na maçã até 37,6 a 46,2 mg/100 gramas no morango, o que demonstrou que nem todas as frutas podem ser fontes desta vitamina. Pelo fato das frutas estarem entre as principais fontes dietéticas de vitamina C elas devem ser sistematicamente avaliadas antes de serem produzidas em escala comercial para que se coloque a disposição do consumidor produtos de valor nutritivo expressivo para a nutrição humana. A produtividade elevada e menor custo de produção não devem ser priorizados em detrimento da principal finalidade do alimento. A quantidade total de vitamina C degradada em 26 horas de armazenamento nos sucos variou de 0,3mg/100mL a 7,4mg/100mL, sendo a maior degradação observada no suco de melancia com morango e a menor no suco de manga com hortelã. A degradação da vitamina C nos sucos de abacaxi preparados com adição de hortelã e diferentes tempos de batimento foi progressiva, não havendo efeito do tempo de batimento e adição de hortelã. As quantidades de vitamina C degradadas em

cada período de tempo analisado, na maioria dos diferentes modos de preparo foram de 0,4mg/100mL a 0,9mg/100mL. Estes resultados mostraram que pode preparar sucos diversos e consumi-los horas após o preparo, pois a quantidade de vitamina C degradada é pouco expressiva do ponto de vista nutricional.

ABSTRACT

NOGUEIRA, Fernanda dos Santos, Professor of Chemistry, M.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. March, 2011. Levels of L-ascorbic acid in fruit juices and its stability. Advisor: Prof^a. Dr^a. Karla Silva Ferreira.

Vitamin C acts as antioxidant, reducing free radicals of oxygen and the reduction of metal ions. Its deficiency causes defects in the body in the synthesis of collagen, neurotransmitters, iron absorption, etc. Humans are among the few living things that do not have the ability to synthesize vitamin C. Among the food sources of vitamin C considered there are the fruits, which are also consumed in the form of juices. Moreover, the preparation of juices to be consumed during the day is questioned due to low stability of vitamin C. This work proposed the evaluation study the levels of vitamin C in some fruit and monitoring of its degradation in fruit juices during 26 hours of storage at 5-7 °C and also the effect of beating and addition of mint in the stability of vitamin C. Also determined the pH and °Brix of fruits and their juices. The juices were prepared as is usual for the population and quantification of L-ascorbic acid was carried out by titrimetric method, using a solution of 2,6-dicloroindofenol (2.6 D). The vitamin C were highly variable, from 1,4 to 2,4 mg/100 g in the apple up from 37,6 to 46,2 mg/100 g strawberries, which showed that not all fruits can be sources of vitamin. Because fruits are among the main dietary sources of vitamin C they should be systematically evaluated before they are produced on a commercial scale for a place that the consumer products significant nutritional value for human nutrition. The high productivity and lower cost of production should not be prioritized at the expense of the primary purpose of food. The total amount of vitamin C degraded in 26 hours storage in the juices ranged from 0.3 mg/100mL to 7,4 mg/100mL, with the greatest degradation observed in watermelon juice with strawberry and mango juice to lower with mint. The degradation of vitamin C in juices prepared with the addition of pineapple mint and different times of the beating was progressive, with no effect of time of the beating and the addition of mint. The degraded amounts of vitamin C in each time period analyzed, the majority of the different modes of preparation were 0,4 mg/100mL to 0,9 mg/100mL. These results showed that

juices can prepare and consume them several hours after preparation, because the amount of vitamin C is degraded insignificant nutritional point of view.

INTRODUÇÃO

O consumo de frutas e hortaliças tem sido estimulado em vários países em razão dos benefícios no combate às deficiências de algumas vitaminas e alguns minerais e, conseqüentemente, na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis, como doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e obesidade. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 1994), o consumo inadequado de frutas e hortaliças está entre os seis principais fatores de risco para a mortalidade mundial. No Brasil, a partir dos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/2010), verificou-se que o consumo médio de frutas e hortaliças, considerando-se todas as classes de renda, corresponde à cerca de um terço da quantidade diária recomendada, que são 400 gramas/dia. Verificou-se ainda que quanto menor a renda, menor o consumo de frutas (Matta e Farias, 2009).

As vitaminas são substâncias orgânicas de pequeno peso molecular, que agem em pequenas doses, sem qualquer valor energético intrínseco e devem ser fornecidas ao organismo que é incapaz de assegurar sua biossíntese, a fim de promover o crescimento, manter a vida e a capacidade de reprodução dos animais superiores e do homem (Guilland e Lequeu, 1995).

Desde as experiências de Lavoisier no início do século XVIII, se tem conhecimento da necessidade de ingestão diária de vitaminas. Em 1911, o bioquímico polonês Casimir Funk utilizou pela primeira vez o termo vitamina para se referir a certas substâncias alimentares imprescindíveis à saúde. Funk foi o descobridor da niacinamida, o fator anti-beribéri, e criou a expressão *vital amin* (amina vital), que deu origem à palavra vitamina. E em 1919, Drummond propôs chamar o fator antiescorbútico de "C" (Manela-Azulay et al. 2003).

A vitamina C é hidrossolúvel e exerce importantes efeitos no organismo, sendo um dos mais importantes e majoritários antioxidantes dos sistemas aquosos. Por este motivo, o consumo de frutas e hortaliças, principais fontes desta vitamina é importante. Ela atua também na formação de colágeno, absorção de ferro, síntese de alguns neurotransmissores e na resposta imunológica. No entanto, altos níveis de ácido ascórbico no corpo humano podem causar efeitos secundários como falhas na reprodução, interferência com testes para glicosúria, prejuízo aos anticoagulantes, alterações nos rins pela formação

de cálculos de oxalato de cálcio e inativação da vitamina B12. Portanto, o conhecimento dos teores desta substância em diferentes alimentos é de grande importância (Aranha et al. 2000).

A vitamina C e o ácido fólico são as vitaminas mais lábeis, podendo ser 100% destruídas durante o preparo e armazenamento dos alimentos. Ela é degradada pela ação da luz, temperatura, pH elevado, íons metálicos como o Cu^{2+} e Fe^{+3} , espécies reativas do oxigênio, umidade, etc. (Fenema, 2000). A degradação do ácido ascórbico em sucos de frutas pode ocorrer em condições aeróbicas ou anaeróbicas, ambas causando escurecimento, descoloração de pigmentos endógenos, perda ou mudança do sabor ou do odor, e mudança na textura. Por sua instabilidade, sua presença no alimento indica que provavelmente os demais nutrientes também estão sendo preservados (Maia et al., 2007).

O consumo de frutas e hortaliças é muito facilitado por meio de sucos, mas, devido à instabilidade da vitamina C, a recomendação é de que os sucos devem ser consumidos assim que prontos. Contudo, na atualidade, com as atribuições da vida nas cidades, não é sempre possível a disponibilidade de sucos feitos na hora, principalmente nos domicílios. O conhecimento da estabilidade da vitamina C em diferentes sucos pode ser um fator importante para avaliar o consumo de vitamina C, visto que os indivíduos têm feito uso de sucos com as frutas puras e, mistura de frutas ou hortaliças. Alguns estudos mais específicos têm mostrado que a degradação da vitamina C não ocorre totalmente, sendo encontrada uma parcela desta vitamina após várias semanas ou meses, no caso de sucos industrializados (Silva et al. 2005).

Além da degradação que pode ocorrer durante o armazenamento e processamento dos alimentos, os teores de vitamina C nos alimentos podem variar em decorrência de diversos fatores, por exemplo, variedade, condições edafoclimáticas, grau de maturação, incidência de luz solar e outros. Alguns destes fatores exercem efeitos positivos e outros negativos. No caso da incidência da luz solar, esta parece estimular a síntese do ácido ascórbico, conforme demonstrado por Gomes et al. (2002). Estes autores observaram redução de 17% no teor de ácido ascórbico em plantas com 75% de sombreamento, quando comparadas àquelas que não sofreram restrição da luz solar no mesmo período de observação.

Entretanto, as tabelas de composição química de alimentos não informam sobre as variações nos teores de nutrientes dos alimentos. Apresentam apenas dados médios, muitos obtidos por meio de análises de amostras compostas. Sendo assim, uma dieta aparentemente balanceada pode não fornecer aos indivíduos as quantidades adequadas de nutrientes, caso o consumo seja do alimento com o teor mais baixo. Ou, por outro lado, fornecer quantidades excessivas. Por este motivo, é importante conhecer as variações que podem haver nos teores de nutrientes específicos dos alimentos.

A análise de vitamina C pode ser realizada por diversos métodos. Alguns mais onerosos e demorados e outros menos. O método titulométrico utilizando o indicador 2,6-dicloro-fenol-indofenol é o método oficial da AOAC (Official Methods of Analysis of the Association Official Analytical Chemists). É um método simples e de baixo custo. Baseia-se na redução do indicador pelo ácido ascórbico. Este método apresenta problemas em relação a interferentes redutores, corantes como as antocianinas, compostos fenólicos e flavonóides cuja concentração aumenta à medida que o fruto amadurece. Já estudos comparando os resultados de análise de vitamina C em frutas pelo método titulométrico e por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE) demonstraram que o método cromatográfico apresentou teores menores que o método titulométrico, entretanto com diferenças não significativas entre os métodos (Rosa, 2005).

Embora não existam estudos sobre os tipos de sucos mais consumidos no Brasil, é notório o consumo dos sucos de laranja, laranja com cenoura, abacaxi, abacaxi com hortelã. Entretanto, dados do IBGE (2011) mostram que as frutas mais consumidas no Brasil são a banana prata, laranja pêra, o mamão e a maçã.

Sendo assim, este trabalho teve por objetivo determinar a variação de vitamina C em frutas, já que as tabelas de composição química de alimentos não informam sobre as variações nos teores de nutrientes dos alimentos. E monitorar a estabilidade de vitamina C em sucos, pois não se encontrou na literatura trabalhos versando sobre a degradação da vitamina C em sucos naturais, apenas nos industrializados.

2. OBJETIVOS

2.1 - OBJETIVO GERAL

Determinar os teores de vitamina C em frutas *in natura* e avaliar a estabilidade da mesma em alguns sucos de frutas naturais, mais frequentemente consumidos.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Conhecer a faixa de variação nos teores de ácido L-ascórbico em diferentes frutas, disponíveis no mercado para consumo pela população, (Abacaxi, Laranja, Limão, Maçã, Mamão, Manga, Maracujá, Melancia e Morango);
- Determinar os teores de sólidos solúveis (°Brix) e pH nas frutas;
- Monitorar dos teores de vitamina C, pH e sólidos solúveis nos sucos de duas em duas horas, durante 26 horas de armazenamento sob refrigeração entre 5 e 7°C;
- Avaliar o efeito do tempo de batimento e adição de hortelã na estabilidade da vitamina C em suco de abacaxi.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - A DESCOBERTA DO ÁCIDO L-ASCÓRBICO (VITAMINA C)

O nome ácido L-ascórbico designa a atividade antiescorbútica da vitamina C e deriva da antiga forma inglesa da palavra escorbuto (*scorby*) (Meira, 1995). A vitamina C foi isolada por volta de 1932, pelo cientista Szent-Györgyi, caracterizando-se pelo isolamento de uma substância redutora, à qual denominou primeiramente de ácido hexurônico, o qual anos depois foi sintetizado em forma fisiologicamente ativa, passando a ser chamado de ácido L-ascórbico (Aranha et al. 2000).

Relatos demonstram que desde 1515 a.C. os egípcios tinham conhecimento do escorbuto. Gregos e romanos tiveram suas forças militares dizimadas pela doença. No final da Idade Média, o escorbuto tornou-se epidêmico no norte e centro da Europa. Entretanto, foi no século 18, com as grandes e longas viagens marítimas, responsáveis pelo aumento significativo dessa afecção, que a importância da vitamina C ficou evidente. Os marinheiros que permaneciam a bordo por longos períodos, sem renovar seus suprimentos alimentares, morriam de escorbuto. Desencadeada pela deficiência de vitamina C no organismo, essa doença caracteriza-se por manifestações hemorrágicas (petéquias, equimoses, sangramento das gengivas), edema nas articulações, fadiga, lassidão, tonteiras, anorexia, alterações cutâneas, infecções e morte) (Manela-Azulay et al. 2003).

Os defensores da ingestão de altos teores de vitamina C argumentam que o escorbuto não é o primeiro sintoma desta deficiência e sim o colapso final, a síndrome pré-morte, e há uma grande diferença entre ausência de escorbuto e saúde completa (Carr e Frei 1999).

James Lind, médico escocês da Marinha Britânica, foi o primeiro a correlacionar a alta morbidade e mortalidade dos marinheiros ingleses com a deficiência da vitamina C. Em 1747 documentou a ingestão de sucos cítricos no tratamento do escorbuto, realizando o primeiro estudo controlado de que se tem notícia na Medicina. Comparou grupos de tratamento e comprovou que o grupo que recebeu duas laranjas e um limão por dia melhorou drasticamente da doença em uma semana. Os resultados de sua experiência foram publicados em 1753.

Em 1933, Reichstein e colaboradores publicaram as sínteses do ácido D-ascórbico e do ácido L-ascórbico, que ainda hoje formam a base da produção industrial da vitamina C. Conseguiram comprovar que o ácido L-ascórbico sintetizado possui a mesma atividade biológica da substância natural (Manela-Azulay et al. 2003).

Foram, entretanto, as pesquisas do químico americano Linus Pauling (1901-1994), que recebeu o prêmio Nobel em Química que popularizaram a vitamina C. Pauling recomendava megadoses da vitamina para o combate de resfriados, gripes e outras viroses, bem como na prevenção do câncer e outras doenças degenerativas (Carpenter, 1986).

A vitamina C, disponível tanto no meio intra quanto no extracelular da maior parte dos órgãos e com envolvimento direto nas defesas antioxidantes, elimina diretamente radicais livres de oxigênio e de óxido nítrico e está envolvida na reciclagem de α -tocoferil em α -tocoferol. Embora sua função antioxidante seja bem reconhecida, não há evidências claras de real efeito benéfico sobre a função imune (Leite e Sarni, 2003).

Os seres humanos fazem parte do grupo de seres vivos que não são capazes de sintetizar vitamina C. Especula-se que estes seres vivos não possuem tal capacidade com a finalidade de aumentar as reservas de glicose, precursor do ácido L-ascórbico no organismo. Desta forma a ingestão desta vitamina é vital para a saúde e até mesmo para a sobrevivência do homem, pois o ácido ascórbico participa de inúmeras atividades fisiológicas (Rosa et al. 2007).

3.2 - IMPORTÂNCIA DAS FRUTAS NA ALIMENTAÇÃO HUMANA

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de inúmeras espécies de frutas, perdendo apenas para a China e Índia. É o 15º exportador, devido a um expressivo consumo interno (Borges, 2010). Entretanto, este consumo parece não ser ainda suficiente.

Estima-se que o consumo de frutas e hortaliças no Brasil corresponda a menos da metade das recomendações nutricionais, sendo ainda mais deficiente entre as famílias de baixa renda. Os preços elevados das frutas e hortaliças e a ausência de equipamentos eficientes de comercialização desses produtos seriam

obstáculo para sua promoção em ambientes de pobreza, mesmo em países desenvolvidos (Jaime et al. 2007).

As frutas consistem em fonte nutricional de vitaminas, minerais e carboidratos solúveis, sendo que algumas possuem teores mais elevados de um ou de outro nutriente como, por exemplo, a acerola, que apresenta elevada quantidade de vitamina C. Outras frutas não são ricas no fornecimento de algum nutriente específico, como é o caso do abacaxi, que inclusive possui baixo teor de vitamina C (10 a 25 mg de ácido ascórbico por 100g de fruto), entretanto, apresentam grande aceitação por parte dos consumidores (Matsuura e Rolim, 2002).

Recomendações dietéticas para uma alimentação saudável incluem o consumo de sucos de frutas, em parte, pela presença de vitamina C, um eficiente antioxidante natural que reduz a velocidade de iniciação ou previne a propagação de radicais livres. Outras fontes são as frutas cítricas, frutas vermelhas, pimentões verde e vermelho, tomates, brócolis e espinafre (Lopes, 2005).

O consumo insuficiente de frutas e hortaliças aumenta o risco de doenças crônicas não transmissíveis, como as cardiovasculares e alguns tipos de câncer e está entre os 10 fatores de risco que mais causam mortes e doenças em todo o mundo. Tal consumo equivale a menos de 400 g por dia ou cerca de 7% a 8% do valor energético de uma dieta de 2.200 kcal/dia (Jaime et al. 2007).

As oito principais frutas consumidas *in natura* são a Banana, laranja, maçã, mamão, melancia, uva, abacaxi e melão. Quanto ao consumo de polpas, a preferência dos consumidores recai nas de cupuaçu, acerola, maracujá, goiaba, graviola e açaí. O consumo de frutas ideal é de cinco porções de frutas ao dia. (IBGE, 2011).

Consumidores e produtores estão cada vez mais preocupados com a qualidade de alimentos e com a praticidade de prepará-los. Quanto mais rápido e fácil o preparo, mantendo qualidade sensorial equivalente ao produto fresco ou recém-preparado, mais atraente o produto se torna para consumidores e produtores. Sucos de frutas são consumidos principalmente por suas características sensoriais e como fonte de vitaminas. Embora alguns autores tenham avaliado o teor de ácido L-ascórbico em sucos, poucos são os estudos que acompanharam a estabilidade desta vitamina durante o tempo de armazenamento, após ser preparado (Silva et al., 2005).

3.3 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ÁCIDO L-ASCÓRBICO

Andrade et al. (2002) preconizaram que o ácido L-ascórbico (AA) é um agente redutor em solução aquosa. Essa propriedade torna-se menos pronunciada em meio não aquoso. O caráter ácido e a ação redutora são atribuídos ao grupo redutona ou enediol $C(OH)=C(OH)$.

A Vitamina C corresponde ao ácido L-ascórbico ($C_6H_8O_6$) cujo nome químico é 2-oxi-L-treohexônio-1,4-lactona-2,3-enediol. É uma molécula orgânica tipo ceto-lactona de 6 carbonos, familiarmente relacionada aos monossacarídeos hexoses. A Figura 1 mostra as duas versões principais de vitamina C na dieta, que são o ácido L-ascórbico e o ácido L-deidroascórbico (DHA). Apenas a estrutura A do ácido L-ascórbico, apresentado na figura 1 é fisiologicamente ativa. A estrutura B é a versão oxidada reversível, que possui também atividade vitamínica (Morán et al. 2006).

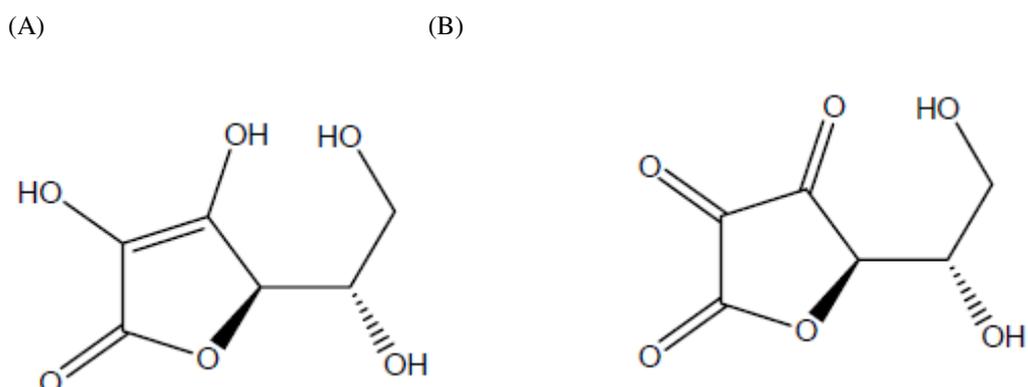


Figura 1 - Fórmula estrutural dos ácidos L-ascórbico (A) e L-deidroascórbico (B).
Fonte: (Rosa, 2005).

O ácido *L*-ascórbico (AA) possui a estrutura de um enediol que é oxidado formando o ácido *L*-deidroascórbico (DHA), conforme Figura 2. Nos equilíbrios ácidos, os ânions (HA^- e A^{2-}) são estabilizados pela distribuição da carga através do sistema enona $O1=C1-C2=C3=O3$ (Figura 3), sendo o hidrogênio ligado à hidroxila no Carbono 3, por exemplo, mais ácido ($Pk_1= 4,17$) do que o ácido acético (Fornaro e Coichev, 1998).

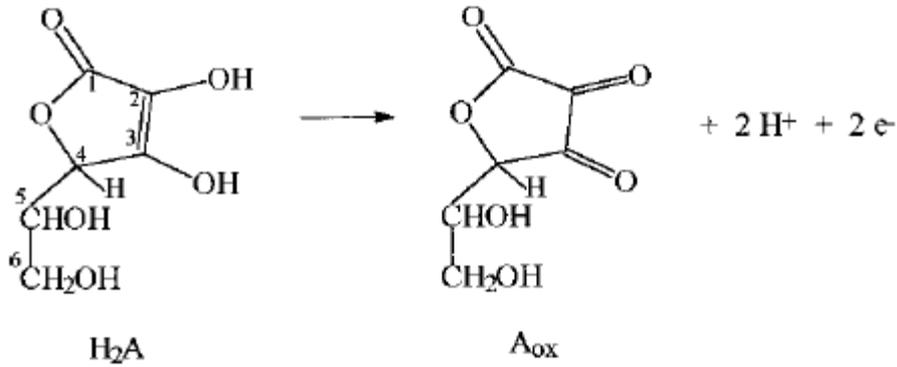


Figura 2 – Oxidação do ácido L-ascórbico a L-deidroascórbico.
 Fonte: (Fornaro e Coichev, 1998).

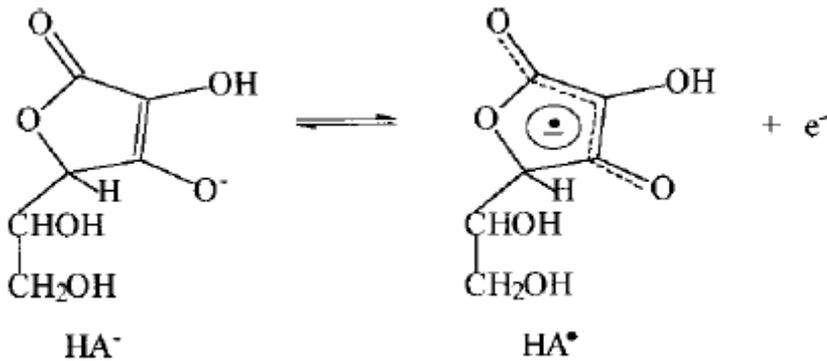


Figura 3 – Formação do sistema enona no ácido L-deidroascórbico.
 Fonte: (Fornaro e Coichev, 1998).

Os processos redox do ácido L-ascórbico representados pelas Figuras 3 a 5 são reversíveis com formação de radicais livres intermediários. A oxidação reversível devido à perda de um átomo de hidrogênio (perda de 1 elétron) leva ao radical semideidroascórbico ou ascorbato. A espécie HA^\bullet se dissocia, formando o radical A^\bullet conforme mostrado na Figura 4. A perda do segundo elétron leva à formação do ácido deidroascórbico, na sequência, ilustrada na Figura 5. Portanto, na oxidação do ácido L-ascórbico dois prótons e dois elétrons são perdidos (Fornaro e Coichev, 1998).

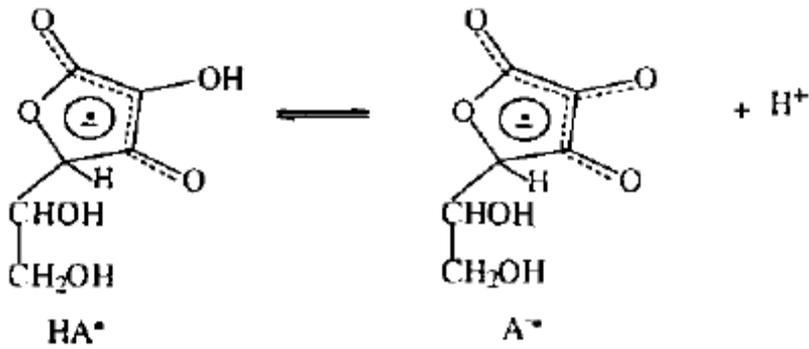


Figura 4 - Dissociação do ácido semideidroascórbico.

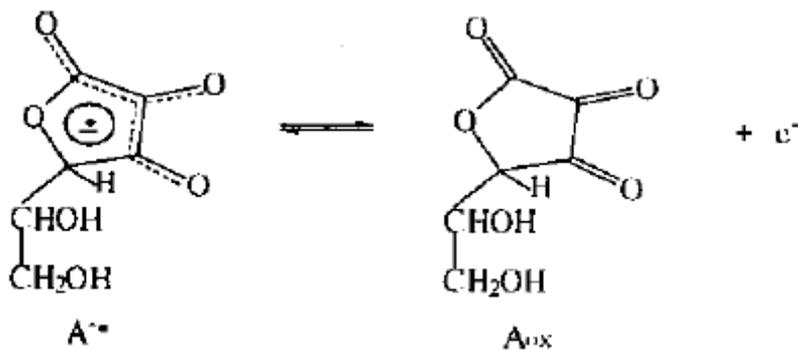


Figura 5 - Formação do ácido deidroascórbico.

Fonte: (Fornaro e Coichev, 1998).

A molécula do ácido L-ascórbico tem um anel γ -lactona quase planar com dois centros quirais nas posições 4 e 5 (Figura 6) determinando dois pares de estereoisômeros: os ácidos L e D ascórbico (Figuras 7a e 7b, respectivamente) e os ácidos D e L- isoascórbicos (Figuras 7c e 7d, respectivamente) (Rosa. 2005).

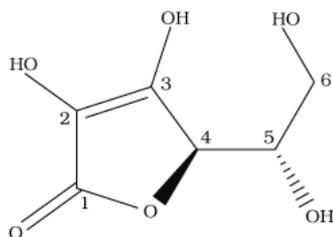


Figura 6 - Estrutura da vitamina.

Fonte: (Rosa, 2005)

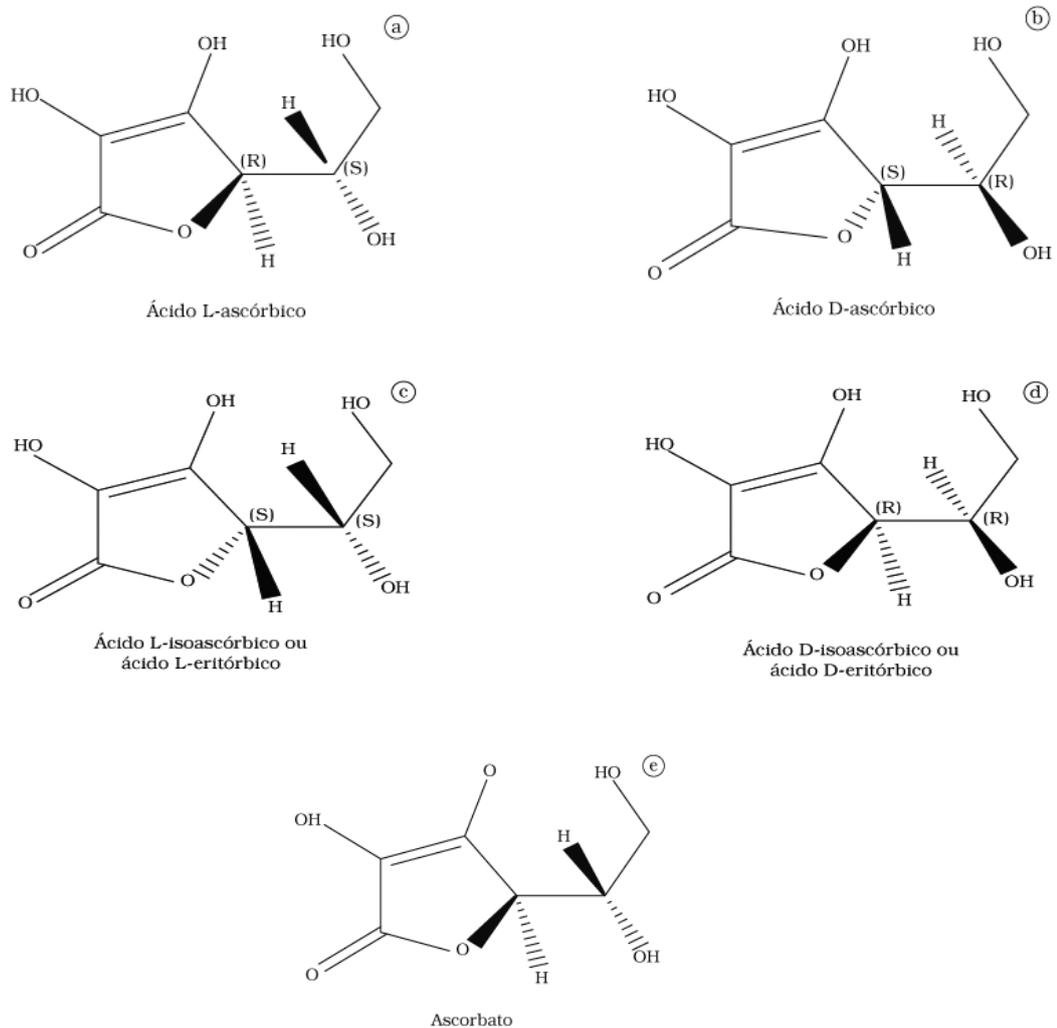


Figura 7 - Anel γ -lactona da vitamina C e isômeros do ácido ascórbico e ascorbato
 Fonte: (Rosa, 2005).

São epímeros, quando dois estereoisômeros diferem de apenas um carbono quiral. Ao observar a figura 7, os ácidos *L*-ascórbico e *D*-isoascórbico, este último possui somente 5% de atividade vitamínica, já os ácidos *D*-ascórbico e *L*-isoascórbico não possuem atividade vitamínica. A Figura 7e ilustra a oxidação reversível devido à perda de um átomo de hidrogênio (perda de um elétron) que leva ao radical semideidroascórbico ou ascorbato (Rosa, 2005).

A Figura 8 ilustra o caráter ácido da vitamina C, justificada primeiramente devido à extensão da conjugação da carbonila presente no carbono 1, aumentando a característica ácida da hidroxila no carbono 3. A hidroxila no

carbono 2 faz parte de um enol e sua acidez é pouco maior que a do fenol (Rosa, 2005).

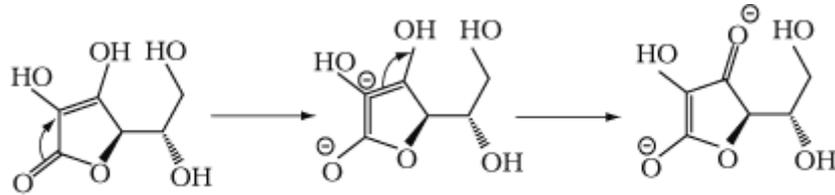


Figura 8: Acidez das hidroxilas na molécula de ácido ascórbico.

Fonte: (Rosa, 2005).

O DHA pode ser reduzido a ácido L-ascórbico *in vivo* por enzimas ou glutatona, e *in vitro* por agentes redutores como a homocisteína, ditioneitol (dt) e bromina, agentes usados para determinação de vitamina C total. Como é extremamente lábil, pode ser rapidamente hidrolisado ao ácido 2,3-diceto-L-gulônico (Figura 9) em meio neutro e a 37 °C, através de uma abertura irreversível no anel da lactona, que não possui atividade antiescorbútica (Fennema, 2000).

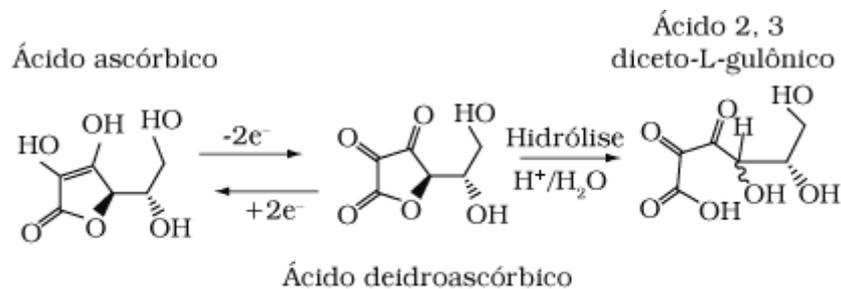


Figura 9. Reação de oxidação do ácido L-ascórbico a ácido deidroascórbico e de hidrólise deste último ao ácido 2,3 diceto-L-gulônico.

Fonte: (Rosa et al. 2007)

O ácido L-ascórbico apresenta 100 % de atividade vitamínica. O ácido L-deidroascórbico possui cerca de 75 a 80 % de atividade de vitamina C, existindo normalmente um equilíbrio entre as duas formas, sendo o teor de vitamina C total resultante do somatório dos teores de ambos os ácidos. O ácido D-ascórbico não tem atividade vitamínica. A ação das moléculas do ácido L-ascórbico é eficiente porque elas sofrem rápida oxidação, antes que as outras moléculas se oxidem, impedindo e retardando a deterioração destes compostos (Pinedo, 2007).

A vitamina C é uma substância cristalina com sabor ácido. Quiral, solúvel em água e insolúvel na maior parte dos solventes orgânicos. Possui solubilidade aquosa igual a 0,3 g/mL, ponto de fusão igual a 190 - 192 °C, potencial redox E_0 igual a 0,166V em pH 4,0; pKa igual a 4,17, pka2 igual a 11,57, absorção máxima igual a 245 nm em meio ácido e 265 nm em meio neutro. O calor, a exposição ao ar e o meio alcalino oxidam a molécula de ácido ascórbico, principalmente se o alimento estiver em presença de cobre, ferro ou enzimas oxidantes (Aranha et al. 2000).

Além disso, o ácido L-ascórbico é fotossensível e o pH de estabilidade desta molécula está em torno de 4-5. Em alimentos industrializados contendo vários ingredientes, este é um fator difícil de ser controlado, causando a degradação da vitamina C. Industrialmente, o ácido L-ascórbico é utilizado como aditivo na função antioxidante, estabilizante de sabor e cor (Morán et al. 2006).

3.4 - FUNÇÃO DO ÁCIDO L-ASCÓRBICO NO ORGANISMO

A função da vitamina C nos seres vivos é devido à sua capacidade antioxidante. Os organismos vivos interagem com o meio ambiente visando manter um ambiente externo que favoreça a sobrevivência, o crescimento e a reprodução. O oxigênio (O_2) obtido da atmosfera é vital para organismos aeróbicos, contudo, espécies reativas formadas intracelularmente a partir do oxigênio ameaçam a integridade celular por meio da oxidação de biomoléculas, e podem comprometer processos biológicos importantes (Cerqueira et al., 2007).

Antioxidantes são substâncias que podem prevenir ou retardar danos oxidativos dos lipídios, proteínas e ácidos nucleicos por espécies reativas de oxigênio, que incluem radicais livres e não-radicais. Três grandes grupos: vitaminas, carotenóides e compostos fenólicos estão relacionados com os efeitos antioxidantes presentes naturalmente nas frutas. Eles estão separados em dois grupos: antioxidantes hidrófilos (ácido L-ascórbico e compostos fenólicos) e antioxidantes lipofílicos (carotenóides) (Brito et al., 2009).

A vitamina C é capaz de reduzir nitritos e inibir a formação no estômago de compostos cancerígenos N-nitrosos. Surgiram estudos *in vitro* para exercer um papel protetor contra os danos oxidativos dos constituintes celulares e das lipoproteínas circulares. Os testes epidemiológicos são consistentes com o efeito

protetor da vitamina C contra o câncer de estômago, faringe e esôfago. Contudo, células tumorais parecem necessitar de ácido L-ascórbico e competem com células saudáveis por este nutriente, presumivelmente para se defender da ameaça oxidativa, uma vez que tumores tratados com vitamina C se tornam mais resistentes à injúria oxidativa (Zapata et al., 2007).

De uma maneira geral, a vitamina C ainda previne e/ou reage com compostos tóxicos incluindo nitrosaminas e aumenta a resposta imunológica de indivíduos (Santos, 2008).

Aranha et al. (2000) demonstraram que a vitamina C pode inibir a síntese de ácido desoxiribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA) de tumores e reduzir a produção de vírus por interferir na interação célula/vírus.

A estimulação dos leucócitos, de anticorpos, neutrófilos e fagócitos é obtida pela suplementação com vitamina C. Esta vitamina estimula a produção de interferón e reduz o processo da reação inflamatória, ajudando a integridade das mucosas, devido ao fato dessa vitamina influenciar positivamente nos níveis plasmáticos de IgA (anticorpo presente principalmente na boca). A vitamina C também influencia positivamente nos teores de Ig M (atua na primeira resposta aos antígenos e ativa partes adicionais do sistema imune) e o de complemento 3 (C3) (ativado por imunoglobulinas, que estão entre os mais importantes complementos na destruição de antígenos), dando um reforço no sistema imunológico. Um estudo realizado em 2000 mostrou que a vitamina C previne resfriados durante a temporada de inverno, por que no frio os níveis de imunoglobulinas decrescem e a vitamina C, como suplemento, atua elevando-o (Zamudio, 2007).

A importância da vitamina C como antioxidante é bem estabelecida, considerando-se as doses recomendadas, geralmente alcançadas por meio da alimentação. Um trabalho realizado em 2007 comprovou que, além da captação de radicais livres, a vitamina C pode alterar a expressão de genes envolvidos na resposta inflamatória, apoptose e diferenciação celular. Este estudo foi realizado com cultura de células. O mecanismo pelo qual a vitamina C altera a expressão de genes é desconhecido, mas supõe-se que atue indiretamente na expressão gênica, alterando a expressão de genes responsivos a espécies oxidantes ou diretamente, modulando a ligação de alguns fatores de transcrição ao núcleo (Cerqueira et al., 2007).

As propriedades da vitamina C são importantes também na prevenção de anemia, por que esta vitamina atua como fator promotor da absorção de ferro não heme (inorgânico), presente nos alimentos de origem vegetal (Zamudio, 2007), devido a vários fatores:

- Reduz o Fe^{+3} (que é pouco solúvel no intestino) ao Fe^{+2} , para que seja absorvido;
- A ingestão simultânea de ferro, vitamina C e/ou proteínas aumenta a absorção de ferro, formando quelatos de baixo peso molecular com ferro em meio ácido, mais solúvel e biodisponível; facilitando assim sua absorção intestinal no pH alcalino do lúmen intestinal;
- A vitamina C facilita a liberação do ferro da transferrina (proteína que transporta o ferro no sangue) e também da ferritina (principal proteína de armazenamento do ferro);
- O ácido ascórbico participa de modo importante da modulação de síntese de ferritina e, portanto no depósito de ferro. O mecanismo envolve a regulação de RNA mensageiro na síntese de ferritina pela proteína responsável de ferro;
- A presença da vitamina C aumenta a absorção do ferro não-heme mesmo na presença de fatores inibidores (fitatos, polifenóis, fosfatos, oxalatos, carbonatos, fibra dietética e taninos) nas refeições.

A atividade vitamínica do ácido ascórbico é a ação antiescorbútica. O escorbuto é uma doença que pode levar à morte e é causada pela deficiência nutricional de vitamina C. Seus principais sintomas são: aparecimento de lesões na mucosa intestinal, hemorragias digestivas, vermelhidão nas gengivas, enfraquecimento dos dentes (redução na ossificação), dores agudas e inchaço nos membros superiores e inferiores, além de deficiência no processo de cicatrização e hemorragia capilar (Silva e Naves, 2001).

Os radicais livres gerados a partir da irradiação solar, do fumo, poluição, etc. causam oxidação dos ácidos nucléicos, proteínas e lipídios, alterando o DNA (ácido desoxiribonucleico), bem como sua reparação, disparando a cascata das citoquinas e resultando em fotoenvelhecimento e fotocarcinogênese. O organismo humano protege-se naturalmente utilizando antioxidantes para neutralizar os efeitos nocivos dos radicais livres. É conhecida a importância do ácido L-ascórbico tóxico como eficiente neutralizador dos radicais livres (Manela-Azulay et al. 2003).

De acordo com Miranda (2005), a suplementação com vitamina C não tem efeito comprovado na incidência de gripe e resfriados, exceto possivelmente em pessoas expostas a esforço físico intenso e/ou frio (praticantes de desportos de inverno, maratonistas, militares).

Essa capacidade de transformação funciona como um sistema oxidorreduzidor capaz de transportar hidrogênio nos processos de respiração celular. O ácido L-ascórbico participa dos processos celulares de oxirredução, como também é importante na biossíntese das catecolaminas (Manela-Azulay et al. 2003). Nos indivíduos que treinam e nos que não praticam atividade física regularmente, a suplementação com vitaminas C e E pode reduzir sintomas relacionados aos exercícios (dores musculares) e aos índices de stress oxidativo. O autor não concorda com o fato de que a suplementação com vitamina C melhore o desempenho, mas aconselha uma dieta para atletas rica em antioxidantes (Zimmermann, 2003).

Na hipovitaminose C, o paciente apresenta anemia, astenia, dificuldade na cicatrização de feridas, baixa resistência às infecções, queratose folicular, levando a hemorragias perifoliculares com equimoses nas zonas de depressão ou irritação. A pele dos membros inferiores apresenta um aspecto que lembra as nervuras da superfície da madeira, que evolui para ulceração cutânea. Hemorragias gengivais, gengivite hiperplásica também estão presentes (Aranha et al. 2000).

3.5 - METABOLISMO DO ÁCIDO L-ASCÓRBICO

A vitamina C é transportada no plasma sob a forma de um ânion livre, sendo transferida por difusão simples para o interior dos leucócitos e dos eritrócitos. No ser humano adulto sadio, a reserva de ácido L-ascórbico é de aproximadamente 1500mg com ingestão média diária de 45 a 75 mg. Quando não ocorre a ingestão desta vitamina, aproximadamente 3% das reservas são diminuídas diariamente e os sintomas clínicos do escorbuto aparecem em 30 a 45 dias, quando a reserva orgânica cai abaixo de 300mg (Gonçalves, 2008).

Administrado em altas doses após atingir concentração máxima nos tecidos, o ácido L-ascórbico é eliminado pelos rins, quando o limiar do plasma excede o limite para cada indivíduo. O excesso de ácido L-ascórbico excretado

na urina leva a um teste falso positivo para glicosúria. Tem sido relatado ainda que este excesso pode causar formação de cálculos de urato, cisteína ou de oxalato de cálcio, mas evidências atuais mostram que a ingestão maciça de vitamina C (9g/dia) produz somente um pequeno aumento na excreção urinária de oxalato de cálcio e nenhuma alteração no urato ou fosfato inorgânico (Aranha et al. 2000).

Discute-se atualmente a eficácia da ingestão de quantidades elevadas de vitaminas para atender demandas além das suas funções nutricionais, no sentido de prevenção de doenças crônicas tais como as doenças cardiovasculares e o câncer (Silva e Naves, 2001). Efeitos de uma hipervitaminose C têm sido relatados. Além da possibilidade de formação de cálculo renal, pode ainda ocorrer diarreia, provavelmente determinada pelo carregamento de grande quantidade de água para o interior do intestino.

O ácido L-ascórbico distribui-se amplamente em todos os tecidos do organismo. Alguns tecidos, como a glândula suprarrenal, a hipófise e a retina, são ricos em ácido L-ascórbico (1 a 2 mg/g); outros como o fígado, os pulmões, o pâncreas e os leucócitos têm teores entre 0,1 a 1 mg/g. Ainda outros, como os rins, os músculos e os eritrócitos têm pequenos teores de ácido L-ascórbico (Aranha et al. 2000).

3.6- DEGRADAÇÃO DO ÁCIDO L-ASCÓRBICO “*IN VITRO*”.

O ácido L-ascórbico pode ser facilmente oxidado e degradado, dependendo de vários fatores como pH, temperatura, luz e presença de enzimas, oxigênio ou catalisadores metálicos. A Figura 10 ilustra essa dependência (SANTOS, 2008).

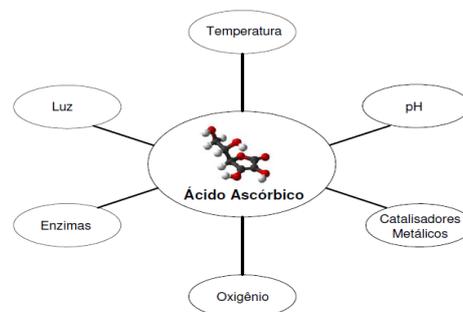


Figura 10 - Fatores que afetam a degradação do ácido L-ascórbico. Fonte: Santos (2008).

A causa primária de degradação do ácido L-ascórbico é a oxidação sob condições aeróbias, tanto por reações enzimáticas quanto não enzimáticas. Enzimas contendo ferro e cobre em seus grupos prostéticos são as mais eficientes no processo de destruição oxidativa da vitamina C. Existem pelo menos quatro enzimas que ocorrem em frutas e que são as principais responsáveis pela destruição oxidativa da vitamina: ácido ascórbico oxidase, fenolase, citocromo oxidase e peroxidase. Apenas a enzima ácido ascórbico oxidase causa oxidação direta do ácido L-ascórbico. A enzima fenolase cataliza a oxidação de mono e dihidroxifenóis, os quais mais tarde, com quinonas, reagem diretamente com o ácido ascórbico. A citocromo oxidase oxida o citocromo C e esta forma oxidada reage com o ácido ascórbico e a peroxidase, em combinação com compostos fenólicos, utiliza peróxido de hidrogênio para efetivar a oxidação. (Fennema, 2000).

No processamento de frutas, o ácido L-ascórbico pode reprimir o escurecimento enzimático pela reversão da oxidação dos polifenóis em o-quinonas, que através de polimerização formam pigmentos escuros (Vieira et al., 2000).

A degradação anaeróbia do ácido L-ascórbico é relativamente insignificante para a maioria dos alimentos. Esta forma de degradação adquire maior importância em produtos enlatados, como vegetais, tomates e suco de frutas, após a retirada do oxigênio residual, mas mesmo nestes produtos a perda de ácido L-ascórbico através de mecanismos anaeróbios é muito lenta (Righetto, 2003).

Na maioria dos casos, a taxa de degradação anaeróbia será duas ou três vezes menor que aquelas de degradação oxidativa. Embora já destituído de sua importância nutricional, as muitas reações envolvidas na fase final de degradação do ascorbato são importantes por causa do seu envolvimento na formação de compostos de sabor ou precursores que participam no escurecimento não enzimático (Gregory, 1996).

O mecanismo de degradação do ácido L-ascórbico pode diferir dependendo da natureza do alimento ou do meio de reação. A degradação catalizada por íon metálico tem sido proposta como a responsável pela formação de um complexo ternário produzido diretamente do ácido deidroascórbico, sem a

formação detectável de um produto de oxidação produzido pela transferência de um elétron, um radical semideidroascorbato (Gregory, 1996).

Pela sua instabilidade, o ácido L-ascórbico é uma das vitaminas mais suscetíveis à alteração no processamento das frutas, contribuindo para isso, além dos fatores já citados, o fato de ser hidrossolúvel, a ação de álcalis e da enzima oxidase do ácido ascórbico, bem como traços de cobre e ferro. Sua conservação é favorecida em meio ácido. Embora, de modo geral, a estabilidade da vitamina C aumente com o abaixamento da temperatura e a maior perda se dê durante o aquecimento dos alimentos, existem casos de perda durante o congelamento ou armazenamento em baixas temperaturas (Pinedo, 2007).

A velocidade da degradação oxidativa do ácido L-ascórbico está relacionada com as concentrações da espécie intermediária do semideidroascórbico ($AH\cdot$), oxigênio molecular e íons metálicos. Baixa concentração da espécie semideidroascórbico, elevadas concentrações de oxigênio molecular e de íons metálicos aumentam a velocidade de degradação do ácido L-ascórbico. O $AH\cdot$ poderá seguir duas vias. Ser oxidado para deidroascorbato (DHA) e este regenerado para ascorbato por meio da deidroascorbato redutase (DHA). Ou ser reduzido a ascorbato por meio da monodeidroascorbato redutase (Fenemma, 2000).

O ácido L-ascórbico é o nutriente mais afetado pelo processamento de frutas e vegetais, por isso sua retenção é usada frequentemente como indicativo da qualidade nutricional e até mesmo de conservação dos alimentos. Algumas vezes, até mesmo interações com outras substâncias presentes no alimento contribuem para a diminuição dos níveis de vitamina C (Rosa, 2005).

3.7- SÍNTESE DE ÁCIDO L-ASCÓRBICO PELAS PLANTAS E SEU PROCESSO DE REGENERAÇÃO E DEGRADAÇÃO “IN VIVO”

Nas plantas a vitamina C participa em uma variedade de processos incluindo a fotossíntese, foto proteção, crescimento da parede celular e expansão celular, resistência a estresse ambiental e síntese de etileno, giberilinas, antocianinas e hidroxiprolina (Smirnoff e Wheeler, 2000).

Um gene defeituoso no genoma humano impede a produção da enzima *L*-gulonalactona oxidase (GLO) e desta forma os seres humanos não conseguem

transformar a glicose do sangue em ácido ascórbico. A maioria dos mamíferos não primatas possui um mecanismo de retorno através do qual o fígado aumenta a síntese de ácido ascórbico em resposta a um "stress" fisiológico. Insetos, répteis, alguns pássaros e peixes também não são capazes de sintetizar o ácido ascórbico (Pinedo, 2007).

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 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. Altas concentrações de ácido L-ascórbico em cloroplastos levam a suposição de que esta substância possui um papel importante no sistema fotossintético.

Smirnoff (1996) preconiza que os cloroplastos são pobres em catalases, enzimas que convertem duas moléculas de peróxido de hidrogênio 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.

O ácido L-ascórbico (vitamina C) é um componente abundante nas plantas. Ele atinge uma concentração de mais de 20 mμ de cloroplastos e ocorre em todos os compartimentos celulares, incluindo a parede celular. Smirnoff propôs funções de fotossíntese como um co-fator da enzima (incluindo a síntese de etileno, giberelinas e antocianinas) e no controle do crescimento celular (Smirnoff, 1996). A Figura 11 apresenta as possíveis rotas da biossíntese do ácido L-ascórbico em vegetais.

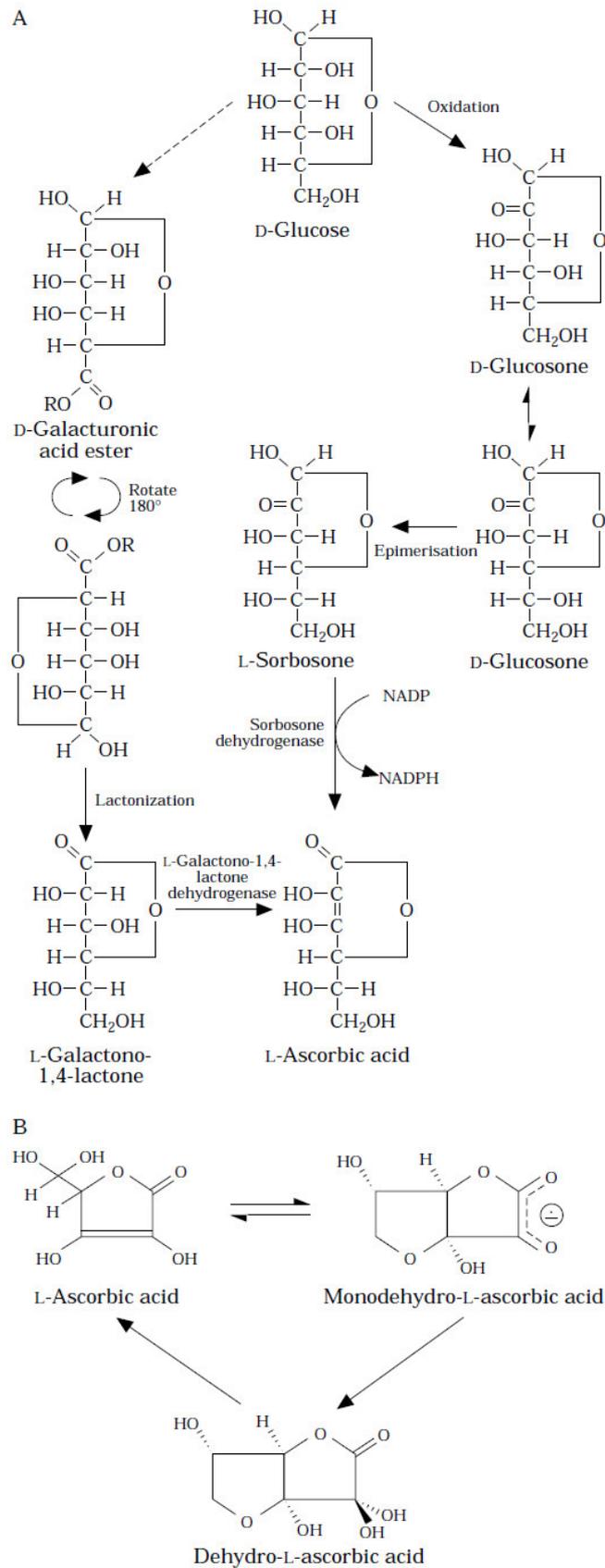


Figura 11- Possíveis rotas da biossíntese do ácido L-ascórbico em vegetais (Smirnoff,1996). Fonte: (Smirnoff,1996).

A Figura 12 apresenta a síntese do glicuronato e da vitamina C. 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 dessas substâncias com o glicuronato é chamada de glicuronação e as converte em derivados polares, que são mais facilmente eliminados da circulação para a urina através dos rins. O D-Glicuronato, formado pela hidrólise do UDP-glicuronato, é o precursor do ácido L-ascórbico ou vitamina C. 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).

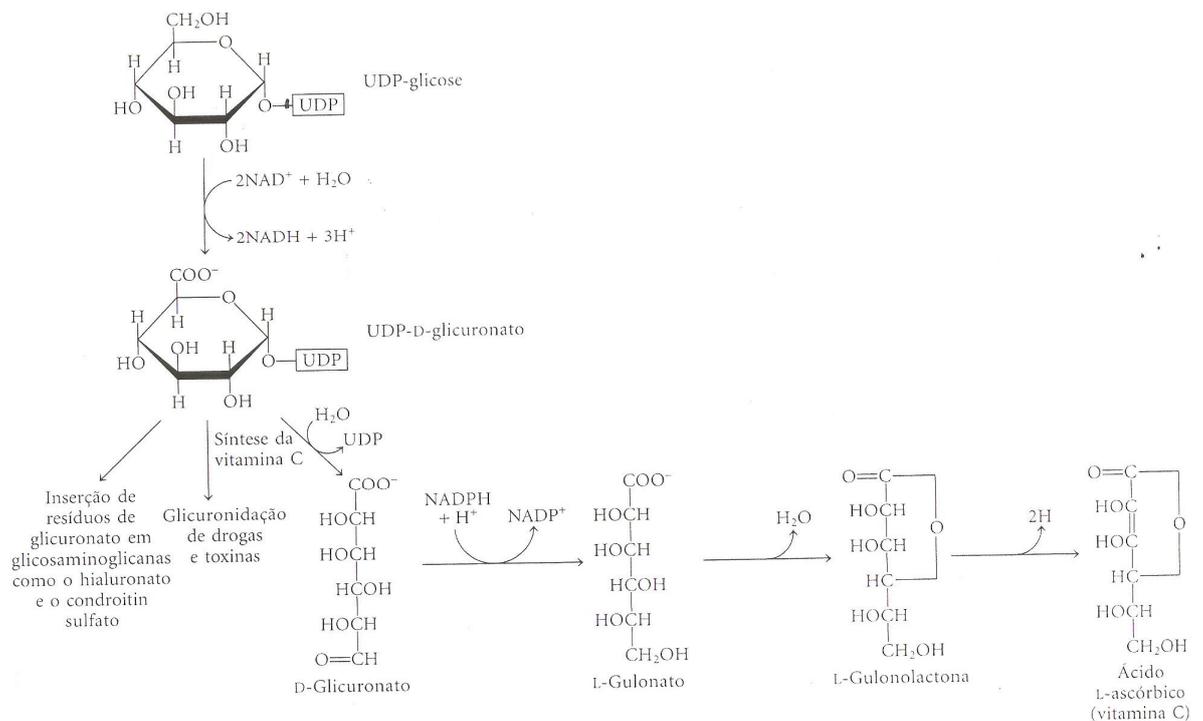


Figura 12 – Síntese do glicuronato e da vitamina C.

Fonte: (Lehninger et al., 2000).

Segundo Smirnoff (1996), a atividade de enzimas no ciclo do ascorbato glutationa é aumentada por deficiência hídrica e baixa temperatura nas plantas. A Figura 13 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.

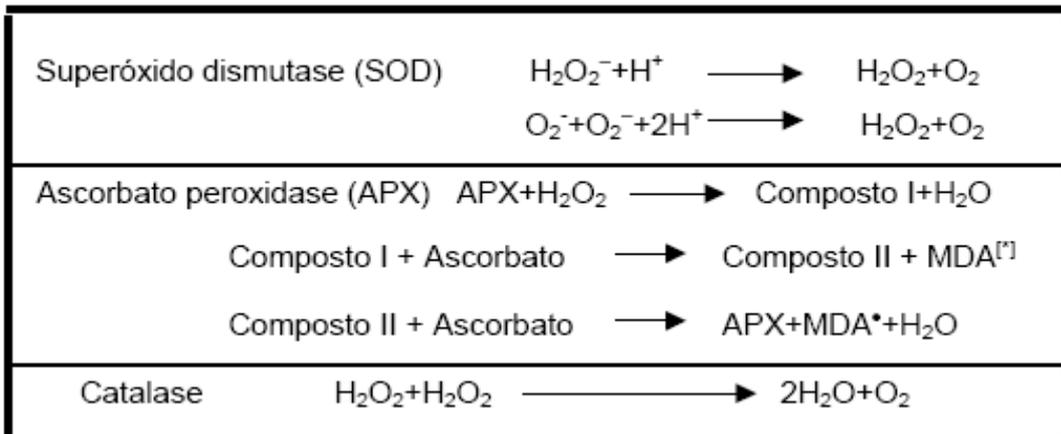


Figura 13 – Reações químicas e principais enzimas envolvidas na formação e degradação das espécies ativas de oxigênio (EAO's) nas plantas. Radical monodeidroascórbico (MDA[•]).

Fonte: (Resende et al., 2003).

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 oxirredução 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.

A radiação solar é um fator que estimula a síntese de ácido L-ascórbico pelas plantas. Estudos descrevem que as folhas, quando expostas ao excesso de luz, precisam dissipar o excedente de energia luminosa absorvida, 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 (Taiz e Zeiger, 2004). Um estudo realizado por Gomes et al. (2002) observaram redução de 17% no teor de ácido ascórbico em plantas com 75% de sombreamento, quando comparadas àquelas que não sofreram restrição da luz solar no mesmo período de observação.

As condições climáticas, incluindo a temperatura, têm uma influência forte na composição química dos vegetais. A parte exterior exposta à luz solar contém uma quantidade mais elevada da vitamina C do que a região dentro da mesma fruta. Em geral, quanto menor a intensidade de luz durante o crescimento, menor será o teor de ácido L-ascórbico nos tecidos da planta. Em muitas frutas o conteúdo de ácido L-ascórbico aumenta durante o amadurecimento na árvore, em outras o teor de ácido L-ascórbico aumenta após a colheita (Andrade, 1991).

3.8- TEORES DE ÁCIDO L-ASCÓRBICO EM FRUTAS E DERIVADOS INDUSTRIALIZADOS

O ácido L-ascórbico ocorre em partes da planta em crescimento, mas está ausente nas sementes. As frutas especialmente ricas em vitamina C são laranjas, tangerinas, limões, cerejas, acerola, melões, abacaxi, mamão e goiaba. Os legumes normalmente utilizados em saladas como tomate, couve, pimentão e brócolis também têm considerável quantidade de vitamina C (Pinedo, 2007).

Na tabela 1, são apresentados os teores médios de vitamina C em algumas frutas, determinados por meio da metodologia CLAE.

Tabela 1 - Teores de Vitamina C em frutas

FRUTAS	NOME CIENTÍFICO	VITAMINA C(mg/100g)
Mamão Formosa	<i>Carica papaya</i> L	78,5
Kiwi	<i>Actinidia chinensis</i>	70,8
Morango	<i>Fragaria vesca</i> ,L	64
Laranja pêra	<i>Citrus sinensis</i>	53,7
Tangerina Ponkã	<i>Citrus reticulata</i>	49
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i> f. flavicarpa	20
Banana, terra	<i>Musa sp</i> subgrupo Terra	16
Banana, maçã	<i>Musa sp</i> subgrupo Gros Michel	10,5
Abacate	<i>Persea americana</i> Mill	9
Melancia	<i>Citrullus vulgaris</i> Schrad	6

Fonte: Taco (2006).

Existem alguns estudos comprovando a variação dos teores de vitamina C em algumas variedades de frutas. Entretanto, nas tabelas de composição de alimentos utilizadas no Brasil e em outros países, por exemplo, a dos Estados Unidos, os dados apresentados foram obtidos de análises de amostras compostas, não mostrando, portanto a faixa de variação na maioria das frutas disponíveis no comércio para consumo (Taco, 2006).

Um trabalho desenvolvido sobre a estabilidade de ácido L-ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu, levou a concluir que o armazenamento do néctar de camu-camu em temperatura ambiente tem efeito negativo sobre a concentração de ácido L-ascórbico e pigmentos do tipo antocianinas. No entanto, quando o néctar é armazenado sob refrigeração, o ácido L-ascórbico e as antocianinas apresentam boa estabilidade. A exposição ou não do néctar à luz não teve efeito sobre os teores de ácido L-ascórbico e antocianinas (Maeda et al., 2007).

Pinheiro et al. (2006) avaliaram o teor de ácido L ascórbico em sucos integrais de abacaxi, caju e maracujá industrializado demonstrando que o abacaxi apresentou uma faixa de variação de ácido L-ascórbico de 5,8 a 14,1 mg/100g, o caju 109,6 a 161,9 mg/100g e o maracujá 5,1 a 19,2 mg/100g.

Ao avaliar a estabilidade dos carotenóides totais, antocianinas totais e vitamina C do suco tropical de acerola adoçado, elaborado pelos processos enchimento a quente (garrafas de vidro) e asséptico (embalagens cartonadas), durante 350 dias de armazenamento em condições similares às de comercialização (28 ± 2) °C, os teores de vitamina C decresceram com o tempo de armazenamento em ambos os processos, no entanto esse decréscimo foi superior em 35,95% para o processo asséptico (Freitas et al., 2006).

Houve um estudo em 2004, sobre a vida de prateleira de produto elaborado com garapa e suco de maracujá (5%), monitorando aceitação e teores de vitamina C desta bebida comumente consumida entre universitários da UNICAMP. Após pasteurização, o produto foi resfriado, embalado em garrafas PET (polietileno tereftalato) e armazenado sob refrigeração (4-6) °C pelo período de um mês. Os resultados da análise sensorial indicaram que o produto (mistura de garapa parcialmente clarificada-estabilizada com suco de maracujá) pode ser elaborado e comercializado por até quinze dias sob refrigeração, pois as condições do processo permitiram a manutenção da qualidade microbiológica e

sensorial. O teor de ácido L-ascórbico manteve-se em bom nível até o final da estocagem, com perda de 20% em relação ao teor adicionado (Prati et al., 2004).

Em um trabalho que condicionou a perda da vitamina C nos alimentos a vários fatores, como: pH, presença de oxigênio, luz, concentração de sal e de açúcares, aminoácidos livres, atividade de água e presença da enzima ascorbato-oxidase, afirma que os seus teores tendem a diminuir com o aumento do tempo de armazenamento e com a temperatura empregada no processamento industrial (Wolkoff, 2004).

Lima et al. (2002) caracterizaram física e quimicamente frutos de umbu-cajeira em cinco estágios de maturação e observaram que o teor de ácido deidroascórbico variou de 4,0% a 32,0% do total de vitamina C nos cinco estágios de maturação. A polpa congelada do umbu-cajá apresentou um decréscimo de 31% do teor de vitamina C total (ácido L-ascórbico + ácido deidroascórbico).

Em um estudo feito por Nogueira et al., (2002) com aceiroleiras, verificaram que houve efeito altamente significativo quanto à época (estação do ano), às matrizes, aos estádios de maturação e à interação época x matrizes, dentre outras variáveis, com relação aos teores de vitamina C nas acerolas. O conteúdo de vitamina C decresceu com a maturação do fruto, ou seja, os frutos verdes apresentaram valores superiores aos encontrados nos frutos maduros, independentemente da matriz estudada e da estação climática, resultado este também observado por outros pesquisadores. As perdas de vitamina C em decorrência do estágio de maturação dos frutos diferiram entre as matrizes e as estações do ano. Durante a maturação, a concentração dessa vitamina decresceu de 2.626 para 1.797 mg/100 mL de suco e de 2.576 para 1.561 mg/100 mL de suco, em uma matriz, ao longo da estação seca e chuvosa, respectivamente. Em outra matriz, essa variação situou-se entre 2.732 e 1.682 mg/100 mL de suco na estação seca, e entre 1.753 e 865 mg/100 mL de suco no período das chuvas.

Nogueira et al., (2002) relataram que o sombreamento em acerolas reduziu significativamente a produção de vitamina C, e que a exposição direta dos frutos aos raios solares após a colheita por mais de quatro horas causou perdas significativas e frutos de plantas propagadas assexuadamente apresentavam teores mais elevados que os produzidos por mudas de sementes. O teor de vitamina C do fruto pode ainda variar em função da época da colheita.

3.9- CAPACIDADE ANTIOXIDANTE NOS FRUTOS

Antioxidantes são compostos que podem minimizar a oxidação de lipídios ou outras moléculas, evitando o início ou propagação das reações em cadeia de oxidação. A atividade antioxidante é principalmente devida às suas propriedades de oxidorredução, as quais podem desempenhar um importante papel na absorção e neutralização de radicais livres, quelando o oxigênio triplete e singleto ou decompondo peróxidos. Em geral, existem duas categorias básicas de antioxidantes: os naturais e os sintéticos (Degáspari e Waszczynskyj, 2005). Alguns dos antioxidantes sintéticos mais importantes são hidroxianisol de butila (BHA) e o hidroxitolueno de butila (BHT) e entre os naturais destacam-se ácido L-ascórbico, vitamina E, β -caroteno e os compostos fenólicos (Almeida et al., 2006).

Os antioxidantes podem ser classificados em: *antioxidantes primários*, aqueles que interrompem a cadeia de reações envolvidas na oxidação lipídica através da doação de elétrons ou hidrogênio aos radicais livres convertendo-os em produtos mais estáveis termodinamicamente, e *antioxidantes sinergistas*, aqueles compostos que reduzem ou retardam a taxa de iniciação da oxidação por decompor hidroperóxidos (Naczek e Shahidi, 2004).

Diversos estudos têm demonstrado que o consumo de substâncias antioxidantes pode produzir uma ação protetora efetiva contra os processos oxidativos que naturalmente ocorrem no organismo. Estas substâncias também estão ligadas com processos responsáveis pelo envelhecimento do corpo (Melo e Guerra, 2002).

Por apresentar atividade antioxidante, a vitamina C é a primeira linha de defesa contra radicais derivados do oxigênio em meio aquoso. Essa vitamina reage diretamente com superóxidos, radicais hidroxilas e oxigênio singleto. Tem grande importância fisiológica devido à sua participação em diversas funções no organismo, como formação de tecido conjuntivo, produção de hormônios e anticorpos, biossíntese de aminoácidos e prevenção de escorbuto. É considerado um antioxidante fisiológico versátil, pois pode exercer ação nos compartimentos intra e extracelulares (Gonçalves, 2008).

As frutas, reconhecidas fontes de vitaminas, minerais e fibras, são alimentos nutricionalmente importantes da dieta. No entanto, nos últimos anos,

maior atenção tem sido dada a estes alimentos, uma vez que evidências epidemiológicas têm demonstrado que o consumo regular de vegetais está associado à redução da mortalidade e morbidade por algumas doenças crônicas não transmissíveis. O efeito protetor exercido por estes alimentos tem sido atribuído à presença de fitoquímicos com ação antioxidante (Melo et al., 2008).

De acordo com Andrade et al. (2002), existem poucas informações sobre a capacidade oxidante de frutos em diferentes fases de desenvolvimento. Esses autores observaram que a capacidade antioxidante dos frutos aumenta com o grau de maturação dos mesmos tais como amora, morango e framboesa. Apesar desse aspecto nutricional relevante relacionando grau de maturação e propriedades antioxidantes, geralmente o estágio de maturidade do fruto é baseado na cor superficial. A composição química do fruto varia naturalmente com o grau de maturação e devido a fatores ambientais.

A presença de ácidos orgânicos, principalmente ácido L-ascórbico na polpa de acerola, em um trabalho sobre características sensoriais e físico-químicas de geléias mistas de manga e acerola, pode ter contribuído para a proteção dos carotenóides. Ao comparar o teor de antocianinas da polpa de acerola com o das geléias, verificou-se redução desse pigmento. Vários fatores podem ter contribuído para a degradação desse pigmento, a exemplo da presença de oxigênio, de ácido L-ascórbico, de hidroximetilfurfural, bem como o aquecimento utilizado no processo (Maciel et al., 2009).

3.10- CONSIDERAÇÕES SOBRE A METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DO ÁCIDO L-ASCÓRBICO

Existem diversos métodos analíticos de quantificação dos teores de ácido L-ascórbico em alimentos. Na escolha do método mais adequado para a determinação de vitamina C nos alimentos se leva em consideração que a vitamina C é sensível à oxidação, frente aos fatores externos como: ar, luz, condições alcalinas e calor; sendo facilmente destruída em prolongados períodos de estocagem e processamento de alimentos. Devido a esta fácil degradação e oxidação, para a determinação dos teores de vitamina C em alimentos, em primeiro lugar a vitamina C deve ser estabilizada quando recém-extraída da

matriz vegetal para obter altos níveis de recuperação e reprodutibilidade destes teores (Rosa, 2005).

A estabilização do ácido deidroascórbico em solução também requer ótimo controle de pH, pois a hidrólise deste em ácido 2,3 dicetogulônico é muito dependente do pH. Como em alimentos naturais o ácido deidroascórbico está presente em níveis baixos, a escolha de um método de dosagem de vitamina C total deve considerar o custo/benefício dos resultados obtidos (Pinedo, 2007).

Devido à instabilidade da vitamina C, é relevante o manuseio meticuloso na preparação das amostras, de modo a contribuir com a exatidão e precisão dos resultados.

3.10.1 - METODOLOGIA OFICIAL AOAC

A titulação com 2,6-dicloroindofenol (2,6-D ou DCFI) baseia-se nos princípios de oxirredução considerando o ácido L-ascórbico com caráter redutor. A volumetria de oxirredução é um método prático, rápido e de baixo custo. A única desvantagem na aplicação dessas técnicas é a interferência de outras substâncias com característica redutora que com isso pode influenciar no valor exato dos resultados, tais como, alguns metais (Fe^{+2} , Cu^{+1} , SO_2 , SO_3 , entre outros) (Cuniff, 1998).

O método DCFI é muito utilizado para amostras de frutas. Usa-se a adição de ácidos orgânicos na extração de amostras para prevenir a degradação da vitamina C. O DCFI sódico é um sal preparado com NaHCO_3 para que pH da solução fique alcalino. Este método baseia-se na redução do 2,6-dicloroindofenol (DCFI), de cor roxa, pelo ácido L-ascórbico em meio ácido, tornando-se incolor. O ponto final de titulação é verificado quando todo o ácido L-ascórbico presente foi oxidado e a solução DCFI, não reduzida, confere coloração rosada à solução (Souza, 2004).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA) do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CTAA) da Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF), Campos dos Goytacazes – RJ, no período de abril a novembro de 2010.

4.1 – MATÉRIA-PRIMA

4.1.1 - FRUTAS *IN NATURA*

Foram avaliados 9 tipos de frutas frescas de diferentes variedades, adquiridos no comércio varejista da cidade de Campos dos Goytacazes – RJ, no período de abril a novembro 2010. A Tabela 2 apresenta as frutas analisadas com identificação e local de coleta.

As frutas foram lavadas, descascadas e trituradas com agentes estabilizadores (ácido oxálico 1%), para evitar que o ácido L-ascórbico fosse oxidado. Um exemplar maduro de cada fruta (ou quantidade suficiente, dependendo do tipo de fruta, para fazer, no mínimo, 20 mL de suco) foi transformado em suco por meio da trituração em liquidificador durante 30 segundos, exceto a laranja e o limão cujos sucos foram preparados por meio de espremedor de frutas.

Tabela 2: Frutas analisadas, variedade e local de coleta

Frutos	Variedades	Local de coleta
Abacaxi	pérola	Hortifruti Palmeiras Varejão hortifruti Mercado municipal
Laranja	Pêra	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti Mercado Municipal
Limão	Tahiti	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti Mercado Municipal
Maçã	Gala	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti

		Mercado Municipal
Mamão	Formosa	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti Mercado Municipal
Manga	Palmer	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti Mercado Municipal
Maracujá	Passiflora	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti Mercado Municipal
Melancia	Diplóide(com semente)	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti Mercado Municipal
Morango	Diamante	Hortifruti Palmeiras Varejão Hortifruti Mercado Municipal

4.1.2 - PREPARAÇÃO DOS SUCOS

Foram preparados sucos de abacaxi, laranja, limão, maçã, mamão, manga, maracujá, melancia e morango puros, e com adição dos extratos das hortaliças ou entre frutas. Foi utilizado liquidificador doméstico (potência 500W, velocidade 2), com diferentes tempos de batimento, nos sucos de abacaxi, de maneira semelhante e na proporção com que são usualmente preparados no cotidiano.

Cada suco foi feito em três repetições, isto é, foram feitos três sucos de cada tipo, sendo as matérias-primas compradas em dias e estabelecimentos diferentes. A seleção das frutas e hortaliças foi feita aleatoriamente e só compradas no dia do preparo dos sucos. Na Tabela 3 é mostrado o modo de preparo dos extratos dos sucos. Os extratos das frutas foram divididos em partes iguais para o preparo dos sucos puros e misturados.

Tabela 3: Modo de preparo dos extratos das matérias-primas para a fabricação dos sucos puros e misturados de diversas frutas.

Suco	Quantidade de fruta/suco	Quantidade de água filtrada (mL)	Rendimento (mL)	Observação (Se houver)
Abacaxi batido por 5, 8, 10, 15 e 20 minutos	300	500	700	
Extrato de hortelã para o suco de abacaxi	3 g (10 folhas)	50	60	
Laranja	380 mL	0	380	
Extrato de cenoura para os sucos de laranja e de Mamão	100 g	100	120	Extrato coado
Mamão	390 g	500	900	
Limão	200mL (5 unidades)	500	200	Duas porções: coado e não coado
Couve	16g (uma folha)	100	100	Extrato coado
Melancia pura	200 g	100	300	Retirada das sementes
Morango	100 g	150	300	
Maçã	200g	200	300	
Manga	.300g	300	500	
Maracujá,	200g	400	500	Extrato coado
Hortelã	5,6g (20 folhas)	100	100	

Os extratos das frutas foram divididos em partes iguais para o preparo dos sucos puros e misturados, conforme a Tabela 4.

Tabela 4: Modo de preparo dos sucos.

Suco	Quantidade de extratos (mL)	Quantidade de água (mL)
Abacaxi	350	50
Abacaxi / hortelã	350/50	0
Laranja	190	120
Laranja / Cenoura	190/120	0
Mamão	450	120
Mamão / Cenoura	450/120	0
Limão coado	300	100
Limão coado / Couve	300/100	0
Limão não coado	300	100
Limão não coado / Couve	300/ 100	0
Maçã	100	100
Melancia	100	100
Morango	100	100
Maçã / Melancia	100 / 100	0
Maçã / Morango	100 / 100	0
Melancia / Morango	100 / 100	0
Manga	165	165
Maracujá	165	165
Manga / Hortelã	165 / 50	115
Manga / Maracujá	165 / 165	0
Maracujá / Hortelã	165 / 50	115

4.2- ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Os teores de ácido L-ascórbico, sólidos solúveis e pH foram determinados imediatamente após o preparo dos sucos (tempo zero) e 2:00 h, 4:00 h, 6:00 h, 8:00 h, 24:00 h e 26:00 horas, após o preparo dos mesmos que ficaram armazenados sob refrigeração e ausência de luz entre 5 e 7°C. As análises foram realizadas em duplicatas. A ausência de luz foi garantida, pois ao fechar a geladeira apaga-se a luz interna.

4.2.1 – ANÁLISE DO ÁCIDO L-ASCÓRBICO

Os teores de ácido L-ascórbico foram determinados por meio de titulação com 2,6 dicloroindofenol (Cuniff, 1998), substituindo o ácido metafosfórico por ácido oxálico 1%, conforme (Souza, 2004; Nogueira *et al*, 2002).

Este método baseia-se na redução do 2,6-dicloroindofenol (2,6D), de cor roxa, pelo ácido L-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. O mesmo procedimento foi repetido para o ensaio em branco, substituindo a solução padrão de vitamina C, por água destilada. O valor médio das titulações com solução padrão, subtraído do branco foi o título da solução 2,6D. O resultado foi expresso em mg/100g de amostra para a fruta *in natura* e mg/100mL para os sucos.

4.2.2 – ANÁLISE DE SÓLIDOS SOLÚVEIS (°Brix)

Uma pequena alíquota da polpa(fruta *in natura*) foi filtrada em algodão e gotejada na superfície do prisma do refratômetro digital, modelo PAL-1, marca ATAGO. O mesmo foi feito para os sucos, porém utilizando um conta-gotas. O índice de refração obtido foi convertido automaticamente pelo equipamento à porcentagem de sólidos que teria uma solução de sacarose quimicamente pura de igual densidade.

4.2.3 – ANÁLISE DO pH

Foi determinada 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 fruta, e nos respectivos sucos.

4.2.4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram comparados os teores de vitamina C nos sucos puros, e com adição dos extratos das hortaliças ou entre frutas imediatamente, após o preparo. Para comparar a estabilidade da vitamina C durante o armazenamento foi calculado os teores de vitaminas C degradadas, em cada período de tempo. Estes teores foram calculados pela diferença entre os teores de vitamina C detectados em dois tempos consecutivos (tempo zero - após duas horas; 2horas – 4horas, etc.)

Os testes utilizados foram Análise de Variância, a 5% de probabilidade (ANOVA), e nos casos em que se detectou que havia diferença entre pelo menos duas formulações, foi realizado o teste de Tukey a 5% de significância. Quando o número de sucos comparados era superior a dois. Estas análises foram realizadas no programa SAS - Statistical Analysis System, versão 9.3.

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - VARIAÇÃO DOS TEORES DE VITAMINA C, SÓLIDOS SOLÚVEIS E pH EM FRUTAS

A Tabela 5 apresenta a concentração média de vitamina C, pH e teores de sólidos solúveis nas frutas, bem como as faixas de variação (amplitude). Os teores de sólidos solúveis e pH estão condizentes com os detectados por outros autores e confirmam que as frutas estavam nos estádios de maturação adequados para consumo.

Tabela 5: Valores médios e amplitude dos teores de Vitamina C, (mg/100 gramas), pH e sólidos solúveis (°Brix) das frutas *in natura*

Frutas (<i>in natura</i>)	Vitamina C ± DP	Amplitude	pH ± DP	Amplitude	Sólidos solúveis ± DP	Amplitude
Abacaxi	26,3 ± 7,4	18,5 - 33,1	3,4 ± 0,1	3,3 - 3,5	13,3 ± 2,4	10,5 - 15,0
Laranja	38,7 ± 9,9	27,3 - 45,0	3,2 ± 0,4	2,8 - 3,5	9,9 ± 0,2	9,7 - 10,1
Limão	23,6 ± 3,7	19,4 - 26,2	2,1 ± 0,7	1,3 - 2,7	8,1 ± 1,9	6,0 - 9,6
Maçã	1,8 ± 0,5	1,49 - 2,4	4,0 ± 0,3	3,7 - 4,4	11,6 ± 1,4	10,2 - 13,1
Mamão	31,3 ± 6,8	26,1 - 38,9	5,4 ± 0,1	5,2 - 5,5	9,7 ± 0,9	8,6 - 10,3
Manga	8,3 ± 1,6	6,4 - 9,3	4,6 ± 0,3	4,4 - 4,9	11,4 ± 0,4	11,0 - 11,8
Maracujá	29,6 ± 7,9	23,3- 38,5	2,8 ± 0,03	2,8 - 2,9	12,4 ± 0,4	12,1 - 12,9
Melancia	10,1 ± 1,2	8,9 - 11,3	5,5 ± 0,1	5,4 - 5,5	10,5 ± 0,5	10,0 - 11,0
Morango	41,7 ± 4,3	37,6 - 46,2	3,2 ± 0,1	3,1 - 3,3	5,4 ± 1,3	4,3 - 6,8

*O teor médio refere-se à média obtida de três repetições de cada tipo de fruta, sendo cada repetição analisada em triplicata. DP: Desvio padrão.

Os teores de sólidos solúveis são usados como índice de maturação de alguns frutos, e indicam a quantidade de substâncias que se encontram dissolvidas no suco. Na agroindústria esse parâmetro é usado para controle da matéria-prima, processo e qualidade do produto final. Alguns estudos demonstram haver aumento dos teores de açúcares durante o crescimento da fruta e outros nos quais não foi detectada alteração na concentração de açúcares

durante o desenvolvimento da fruta (Chitarra, 2000). Os açúcares são os principais sólidos solúveis presentes nas frutas, entretanto outras substâncias solúveis também têm participação no teor de sólidos solúveis, por exemplo, minerais solúveis, ácidos, alcoóis, dentre outras. Nas frutas, os açúcares (frutose, glicose e sacarose) são os carboidratos predominantes. Sendo assim, o teor de sólidos solúveis detectado nas frutas analisadas neste trabalho foi similar aos teores de carboidratos relatados pela Taco (2006) para estas frutas. Além de expressar o estágio de maturação, o conhecimento do °Brix pode dar ideia do valor energético das frutas, por serem os açúcares os principais constituintes energéticos das mesmas. Por exemplo, neste trabalho, a fruta com maior teor de sólidos solúveis foi o abacaxi (13,3°Brix). Seu valor energético, portanto deve ser próximo a 53,2 Kcal, fazendo-se a conversão de carboidrato para valor energético, conforme Brasil (2003).

Há notável diferença entre o pH de frutas, bem como o tipo de ácido presente nas mesmas. No abacaxi, laranja, limão, mamão, manga, maracujá, melancia e morango o ácido predominante é o ácido cítrico. Na maçã quem predomina é o ácido málico. A concentração e tipo de ácido determina o pH das frutas. Há casos nos quais pode haver um aumento no valor do pH, isso por se tratar de ácidos mais fracos, cujo grau de dissociação é menor. Para muitos indivíduos, as frutas mais ácidas não são bem toleradas, por causarem, por exemplo, aftas, gastrites, úlceras, azias etc. As frutas de menores valores de pH, detectadas neste trabalho, foram o limão (pH 2,1) e o maracujá (2,9), porém são usualmente consumidos na forma de suco. Sobral et al. (2000) determinaram o pH de algumas frutas: Abacaxi (3,9), Laranja (3,6), Limão (2,2), Manga (4,6), Maracujá (2,7) e o Morango (3,4). Neste trabalho, os valores de pH detectados nas frutas (Tabela 1) estão condizentes com os dados desse autor.

Foram detectadas variações nos teores de vitamina C entre diferentes frutas e entre repetições de uma mesma fruta, o que era esperado. A variação na composição dos vegetais é explicada pelo fato de que esta é influenciada pelo metabolismo de cada variedade e pelas condições de cultivos de mesmas variedades, por exemplo, precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação e ocorrência de pragas e doenças (Nogueira *et al.* 2002).

A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (Taco, 2006), é atualmente uma das principais referências em composição de alimentos

brasileiros. Nessa tabela, os teores de vitamina C para as frutas estudadas neste trabalho são: laranja pêra (53,7mg/100g), limão (38,2mg/100g), maçã (1,5mg/100g), mamão (78,5mg/100g), manga (17,4mg/100g), maracujá (19,8mg/100g), melancia (6,1mg/100g) e morango (63,6mg /100g). Ao comparar os teores de vitamina C da TACO com este trabalho, verifica-se que apenas as frutas maçã e melancia apresentaram teores semelhantes. Estas diferenças mostram a importância que se deve dar à amplitude da composição química dos alimentos e dos teores de componentes específicos quando se desenvolve ou seleciona-se uma nova variedade de alimento.

Alguns trabalhos encontrados na literatura merecem ser citados por apresentarem variações nos teores de vitamina C em algumas das frutas analisadas neste trabalho. Matsuura e Rolim (2002) detectaram em abacaxi teores de ácido L-ascórbico entre 10 a 25 mg/100 g. Pedrão et al. (1999) detectaram uma faixa de 30,3 a 34,0 mg/100ml em suco de limão. Em mamão *in natura*, Folegati e Matsuura (2002) encontraram entre 30 e 130 mg/100g, ao passo que Souza et al. (2008) detectaram teores de 101 mg/100g a 112 mg/100 g no mamão papaya e 59,9 mg/100g a 77,8mg/100g no mamão formosa, observando ainda que os teores de vitamina C são significativamente mais elevados em frutas com mancha fisiológica e em estado de maturação mais elevado.

Segundo Bleinroth (1976), a manga madura possui quantidade apreciável de vitamina C, chegando a conter 110 mg/100 gramas conforme a variedade. Em um trabalho realizado com maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims.f.*flavicarpa* Deg), Silva (2002) encontrou 27,0 mg/100g de vitamina e Calegaro et al. (2003) encontraram 59,4 mg/100g de vitamina C em morango *in natura*.

Segundo Smirnoff (1996), a incidência de luz solar é um fator que estimula a síntese de ácido L-ascórbico pelas plantas. No mecanismo fotossintético, o ácido L-ascórbico, principal forma ativa da vitamina C, atua na dissipação do excesso de energia luminosa absorvida sob a forma de calor (quando ocorre um aumento excessivo na luminosidade) e também na eliminação de muitas espécies reativas de oxigênio (Taiz e Zeiger, 2004). Além destes fatores, as condições edafoclimáticas e variedades são fatores importantes na composição das frutas, conforme constatado pelos autores acima citados.

Estes dados mostram a importância das condições de cultivo, seleção de variedades, época de colheita e outros fatores no valor nutritivo dos alimentos. As frutas devem ser avaliadas, sistematicamente, antes de serem produzidas em escala comercial em cada região, para que se coloque a disposição do consumidor informações a respeito do valor nutritivo desses alimentos e, de preferência, que este seja expressivo para a nutrição humana. Desta forma, consumidores podem optar por alimento, neste caso frutas, adequados ao seu estado de saúde. A produtividade elevada e menor custo de produção não devem ser priorizados em detrimento da principal finalidade do alimento. É bem certo que as frutas são veículos de outros nutrientes, entretanto, atenção especial deve ser dada aos nutrientes dos quais esses alimentos são as únicas ou principais fontes dietéticas, como é o caso da vitamina C.

De acordo com a RDC n.º 27, de 13 de janeiro de 1998 (Brasil, 1998), para um alimento ser denominado fonte de vitamina precisa fornecer 15% da IDR (Ingestão Diária Recomendada) esta por 100g, caso seja sólido ou 7,5% da IDR, caso seja líquido. No caso da vitamina C, cujo IDR são 45 mg por dia, 7,5% corresponde a 3,3 mg e 15% do IDR 6,6 mg. Considerando estes valores, observa-se que a maçã não se enquadra no atributo fonte de vitamina C. Por outro lado, o limão e o maracujá, embora possam ser assim enquadrados, as quantidades consumidas destas frutas são muito inferiores a 100 mL, uma vez que são consumidas na forma de suco. Por exemplo, para o preparo de 200 mL de limonada, usa-se aproximadamente 15 mL de suco de limão puro. Portanto, 200 mL de limonada proporciona apenas, entre 5,7 a 7,8 mg de vitamina C.

5.3 - ESTABILIDADE DA VITAMINA C EM SUCOS (ABACAXI, LARANJA, LIMÃO, MAÇÃ, MAMÃO, MANGA, MARACUJÁ, MELANCIA E MORANGO).

A cinética de degradação da vitamina C nos sucos é ilustrada na Figura 14. O suco no qual houve maior quantidade de vitamina C degradada ao final de 26 horas de armazenamento foi o suco de melancia com morango (7,4 mg/100 mL de suco) e a menor degradação total ocorreu no suco de manga com hortelã (0,3 mg/100 mL de suco). Os teores médios de vitamina C degradados em cada intervalo analisado variaram de 0,05 mg/100 mL (suco de manga com hortelã) a 1,2 mg/100 mL (suco de melancia com morango). Houve diferença significativa na quantidade de vitamina C degradada ao longo do período de armazenamento nos sucos de mamão, melancia, manga com maracujá e maracujá com hortelã. Nesses sucos, a degradação foi mais intensa nas primeiras horas, com exceção do suco de mamão, no qual a degradação foi maior entre 8 e 24 horas (Tabela 6). A degradação mais intensa nas primeiras horas pode ser decorrente da incorporação de oxigênio e liberação de substâncias oxidantes durante a trituração das frutas, acarretando maior consumo de vitamina C no período inicial. Este fato é reforçado quando se observa que entre 8 e 24 horas (16 horas), quando os sucos permaneceram sem ser manuseados, a degradação da vitamina C foi superior à ocorrida nos demais períodos de duas horas de duração apenas no suco de mamão.

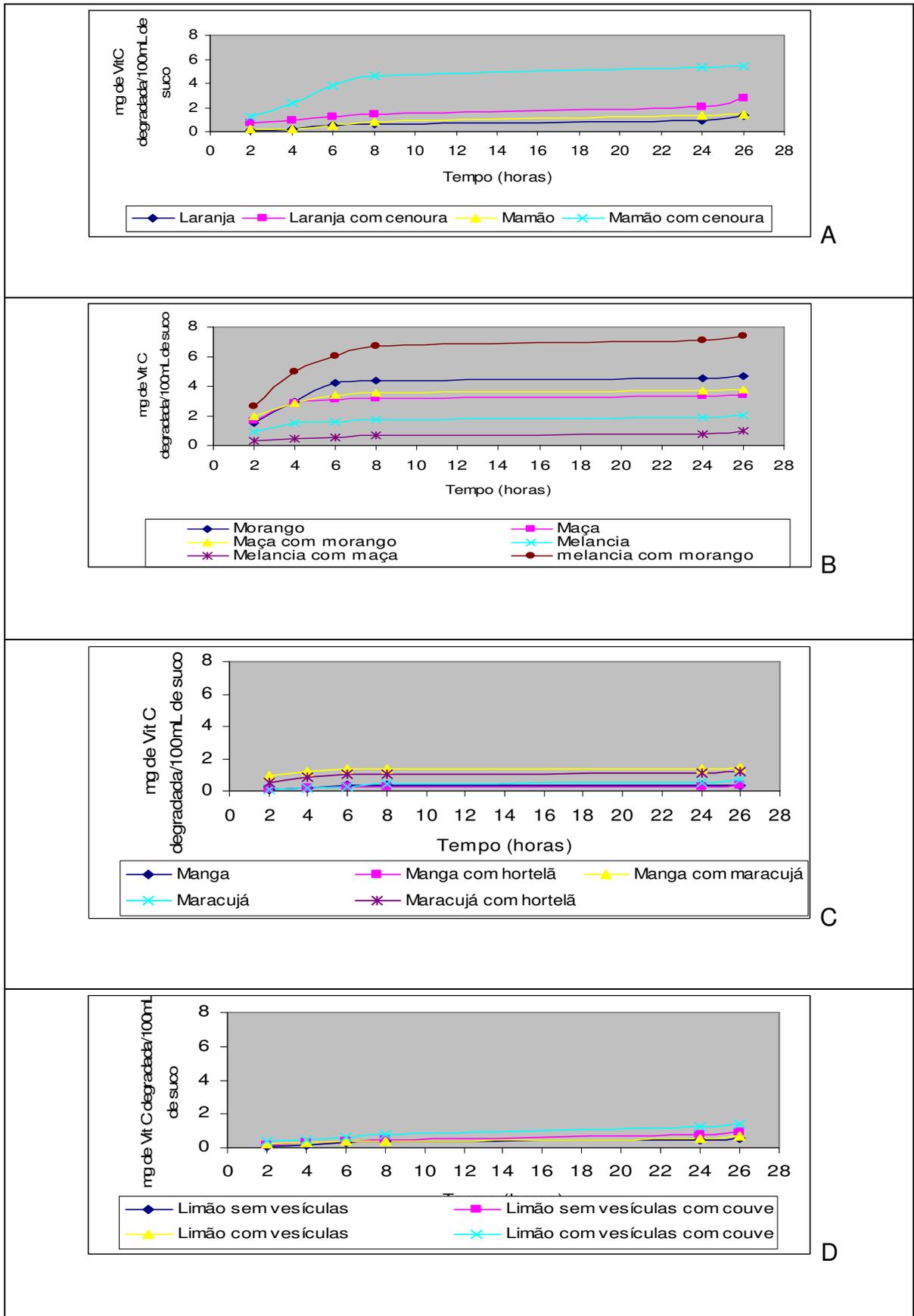


Figura 14: Cinética de degradação da vitamina C em diferentes sucos. (A) sucos de laranja e mamão; (B) sucos de maçã, melancia e morango; (C) sucos de manga e maracujá; (D) sucos de limão.

Em alguns sucos, por exemplo, suco de morango, maçã, maçã com morango e melancia com morango, houve grande variação nas quantidades de vitamina C degradadas nas três repetições de cada período, o que justifica a não existência de diferença significativa entre os períodos de tempo comparados a despeito da média da degradação no suco de mamão com cenoura (0,9 mg/100 mL de suco) ter sido mais que quatro vezes maior que a do suco de mamão puro (0,2 mg/100 mL de suco). Mesmo assim, estas quantias são inexpressivas do ponto de vista nutricional.

Alguns trabalhos desenvolvidos por outros pesquisadores também detectaram que a degradação da vitamina C em sucos não é tão expressiva quanto era de se esperar considerando a elevada susceptibilidade desta vitamina à degradação por diversos fatores (Fennema 2000). Danielli et al. (2009) monitoraram a degradação de vitamina C no suco de laranja por 14 horas e detectaram uma porcentagem de degradação de apenas 4,6% ao final deste tempo. Branco et al. (2007) detectaram perdas de ácido ascórbico de 9,1% em uma mistura de suco de laranja com 5% de cenoura armazenados durante 60 dias.

Fazendo-se a comparação entre os teores médios de vitamina C degradados em todos os tempos, observou-se diferença apenas entre os sucos cuja degradação de vitamina C média ficou entre 0,1 mg/100 mL e 0,2 mg/100 mL (laranja pura, todos os sucos de limão, melancia com maçã e todos os sucos com maracujá) e o suco de melancia com morango, cuja degradação média foi 1,2 mg/100 mL (Tabela 6).

Por outro lado, quando se faz a comparação entre grupos específicos de sucos, isto é, comparam-se apenas os sucos de laranja entre si, os de limão entre si etc., observa-se que há efeito de algumas misturas. A adição da cenoura nos sucos de laranja e mamão acarretou maior degradação da vitamina C nestes sucos. Já a adição da maçã no suco de melancia contribuiu para preservá-la. E a adição da couve contribuiu para aumentar ligeiramente os teores de vitamina C nos sucos de limão, o que se deve ao fato desta hortaliça conter elevadas concentrações de vitamina C. Detectou-se nas folhas de couve utilizadas para a elaboração dos extratos teores de vitamina C entre 31,6 a 96,5 mg/100 gramas, quantias estas que estão condizentes com as publicadas por Franco (2002), 32,0 mg/100g, e a Tabela Taco (2006), 76,9mg/100g.

Tabela 6: Quantidade de vitamina C degradada (mg/100 mL) nos sucos ao longo das 26 horas de armazenamento

Tipos de sucos	Quantidade de vitamina C degradada (mg/100mL)						Degradação média de vitamina C durante os seis períodos.	Degradação total de vitamina C ao final de 26 horas de armazenamento.
	0 a 2 horas	2 a 4 horas	4 a 6 horas	6 a 8 horas	8 a 24 horas	24 a 26 horas		
Abacaxi	0,8 ^a	0,4 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,8 ^a	0,5 ^a	0,5 ^A	3,2 ^A
Abacaxi com adição de hortelã	0,4 ^a	0,3 ^a	0,4 ^a	0,3 ^a	1,0 ^a	0,4 ^a	0,5 ^A	2,8 ^A
Laranja	0,1 ^a	0,1 ^a	0,3 ^a	0,1 ^a	0,3 ^a	0,4 ^a	0,2 ^A	1,3 ^A
Laranja com cenoura	0,7 ^a	0,2 ^a	0,3 ^a	0,2 ^a	0,6 ^a	0,8 ^a	0,5 ^A	2,8 ^A
Limão sem vesículas	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^A	0,7 ^A
Limão sem vesículas com couve	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,06 ^a	0,3 ^a	0,1 ^a	0,2 ^A	1,4 ^A
Limão com vesículas	0,2 ^a	0,1 ^a	0,04 ^a	0,05 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^A	0,7 ^A
Limão com vesículas com couve	0,3 ^a	0,1 ^a	0,2 ^a	0,1 ^a	0,4 ^a	0,1 ^a	0,2 ^A	1,3 ^A
Mamão	0,2 ^b	0,04 ^b	0,2 ^b	0,3 ^b	0,5 ^a	0,1 ^b	0,2 ^A	1,4 ^A
Mamão com cenoura	1,2 ^a	1,1 ^a	1,4 ^a	0,7 ^a	0,7 ^a	0,1 ^a	0,9 ^A	5,4 ^A
Maça	1,6 ^a	1,2 ^a	0,2 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,6 ^A	3,4 ^A
Morango	1,5 ^a	1,3 ^a	1,3 ^a	0,1 ^a	0,2 ^a	0,2 ^a	0,8 ^A	4,7 ^A
Maça com morango	1,9 ^a	0,9 ^a	0,4 ^a	0,1 ^a	0,2 ^a	0,1 ^a	0,6 ^A	3,8 ^A
Morango	1,5 ^a	1,3 ^a	1,3 ^a	0,1 ^a	0,2 ^a	0,2 ^a	0,8 ^A	4,7 ^A
Melancia	0,9 ^a	0,5 ^a	0,1 ^b	0,1 ^b	0,2 ^b	0,1 ^b	0,3 ^A	2,0 ^A
Melancia com morango	2,6 ^a	2,3 ^a	1,0 ^a	0,6 ^a	0,4 ^a	0,3 ^a	1,2 ^A	7,4 ^A
Maça	1,6 ^a	1,2 ^a	0,2 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,6 ^A	3,4 ^A
Melancia	0,9 ^a	0,5 ^a	0,1 ^b	0,1 ^b	0,2 ^b	0,1 ^b	0,3 ^A	2,0 ^A
Melancia com maçã	0,3 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,2 ^A	0,9 ^A

Manga	0,05 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,01 ^a	0,06 ^A	0,4 ^A
Manga com hortelã	0,05 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,01 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,05 ^A	0,3 ^A
Maracujá	0,1 ^a	0,06 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,12 ^a	0,1 ^a	0,1 ^A	0,7 ^A
Maracujá com hortelã	0,6 ^a	0,6 ^a	0,1 ^b	0,05 ^b	0,08 ^b	0,03 ^b	0,2 ^A	1,2 ^A
Manga	0,05 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,01 ^a	0,02 ^a	0,01 ^a	0,06 ^B	0,4 ^B
Maracujá	0,1 ^a	0,06 ^a	0,1 ^a	0,1 ^a	0,12 ^a	0,1 ^a	0,1 ^B	0,7 ^B
Manga com maracujá	0,9 ^a	0,3 ^b	0,1 ^b	0,02 ^b	0,03 ^b	0,06 ^b	0,2 ^A	1,5 ^A

Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.
 Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior quantidade de vitamina C degradada durante 26 horas de armazenamento, considerando todos os sucos, foi inferior a 16,5% da Ingestão Diária Recomendada para essa vitamina (7,4 mg/100 mL no suco de melancia com morango). Em alguns sucos, embora as quantidades tenham sido ainda menores, estas quantias foram expressivas considerando-se a quantidade inicial de vitamina C no suco em questão. Por exemplo, em algumas das repetições dos sucos de manga, manga com hortelã, morango, morango com melancia e melancia, praticamente toda a vitamina C inicial (93% a 100%) havia sido degradada quando se realizou a análise na 26^a hora de armazenamento (Tabela 7), embora a quantidade absoluta de vitamina C degradada tenha sido inferior a 7,4 mg/100 mL de suco (Tabela 6).

Conforme se observou com este trabalho, a vitamina C apresenta boa estabilidade nos sucos avaliados. Mesmo havendo alguma degradação, os sucos que inicialmente poderiam ser considerados boas fontes desta vitamina continuaram após 26 horas de armazenamento. Por exemplo, considerando os teores desta vitamina em um copo de suco de 200 mL, que é o tamanho de uma porção de suco de fruta (Brasil, 2003), a redução dos teores de vitamina C nos sucos que eram as melhores fontes desta vitamina, laranja e laranja com cenoura, foi de 132% e 124% da Ingestão Diária Recomendada (IDR), para 126% e 112% da IDR, respectivamente, após 26 horas de armazenamento.

Com poucas exceções, as maiores porcentagens de degradação total da vitamina C ocorreram nos sucos que possuíam menores teores iniciais desta vitamina (menos que 1,9 mg/100 mL de suco). As exceções observadas foram nos sucos contendo maçã e no suco de melancia com morango. Os sucos de maçã, apesar de possuírem teores iniciais baixos de vitamina C, a porcentagem de degradação total máxima, considerando todas as repetições, não chegou a 90%, dando indício de um efeito protetor da maçã na estabilidade da vitamina C. Já no suco de melancia com morango, embora os teores iniciais fossem da ordem de 8,5 mg/100 mL de suco, a porcentagem de degradação durante as 26 horas de armazenamento atingiu 98%, aproximadamente. Este resultado pode ser decorrente da presença de substâncias oxidantes no morango, pois todos os

sucos que o continham, a porcentagem de degradação total da vitamina C foi superior a 70%.

No preparo dos sucos, com a trituração das frutas, substâncias oxidantes presentes em organelas celulares são liberadas para o meio, além de incorporação de oxigênio. Pelos resultados observados neste estudo, a vitamina C reage com estas substâncias gradativamente no decorrer do período de armazenamento, e não intensa e rapidamente, conforme seria percebido por uma degradação acentuada nas primeiras horas.

Tabela 7: Teores de vitamina C (mg/100mL) em diferentes sucos, no tempo inicial e após 26 horas de armazenamento em temperatura de 5 a 7°C (tempo final) e porcentagem de degradação ocorrida durante este período.

Sucos	Tempo Inicial		Tempo Final		%degradação**	
	Média ± DP	Amplitude	Média ± DP	Amplitude	Média ± DP	Amplitude
Abacaxi	12,1 ± 5,8	5,9 - 17,5	8,9 ± 6,8	1,5 - 15,0	26,4 ± 32,8 ^a	14,2 – 74,3
Abacaxi com adição de hortelã	9,2 ± 7,9	0,8 - 16,4	6,4 ± 6,1	0,0 - 12,3	30,4 ± 41 ^a	25,2 – 100
Laranja	29,8 ± 7,8	27,7 - 38,4	28,4 ± 7,8	27,0 - 35,7	4,10 ± 2,6 ^b	2,4 – 7,17
Laranja com cenoura	28,0 ± 8,2	21,1 - 37,0	25,2 ± 9,2	17,4 - 35,4	11,3 ± 6,7 ^a	4 ,4 – 17,7
Limão sem vesículas	3,7 ± 1,1	2,6 - 4,9	3,2 ± 1,4	1,9 - 4,6	17,0 ± 11,3 ^a	5,0 – 27,5
Limão sem vesículas com couve	5,5 ± 1,3	4,0 - 6,3	4,6 ± 1,1	3,2 - 5,2	17,4 ± 1,72 ^a	16,0 – 19,4
Limão com vesículas	4,5 ± 1,3	3,4 - 6,1	3,9 ± 1,1	2,9 - 5,2	15,4 ± 2,9 ^a	13 – 18,5
Limão com vesículas com couve	6,7 ± 2,6	5,1 - 9,8	5,4 ± 1,8	4,1 - 7,5	19,5 ± 3,3 ^a	17,1 – 23,3
Mamão	13,6 ± 2,8	10,4 - 15,5	12,1 ± 2,7	9,0 - 13,7	11,0 ± 3,0 ^b	7,6 – 13,5
Mamão com cenoura	6,3 ± 3,9	2,5 - 10,3	0,9 ± 0,4	0,4 - 1,2	85,7 ± 2,8 ^a	82,8 – 88,5
Maça	4,3 ± 3,9	1,1 – 8,6	0,9 ± 0,4	0,5 - 1,2	70,2 ± 15,8 ^a	54,3 – 85,9
Morango	5,2 ± 4,5	0,8 - 9,7	0,5 ± 0,1	0,4 – 0,6	72,8 ± 32,8 ^a	35,2 – 96,1
Maça com morango	4,4 ± 3,9	1,1 – 8,7	0,6 ± 0,5	0,3 - 1,1	83,4 ± 6,3 ^a	76,2 – 87,1
Morango	5,2 ± 4,5	0,8 - 9,7	0,5 ± 0,1	0,4 – 0,6	72,8 ± 32,8 ^a	35,2 – 96,1
Melancia	2,5 ± 0,5	1,9 - 2,9	0,4 ± 0,2	0,2 – 0,5	82,3 ± 9,3 ^a	74,3 – 92,5
Melancia com morango	8,5 ± 2,5	7,0 - 11,3	1,1 ± 0,4	0,6 - 1,4	87,1 ± 1,9 ^a	93,9 – 97,8

Maça	4,3 ± 3,9	1,1 – 8,6	0,9 ± 0,4	0,5 - 1,2	70,2 ± 15,8 ^b	54,3 – 85,9
Melancia	2,5 ± 0,5	1,9 - 2,9	0,4 ± 0,2	0,2 – 0,5	82,3 ± 9,3 ^a	74,3 – 92,5
Melancia com maçã	1,3 ± 0,2	1,1 – 1,4	0,4 ± 0,2	0,2 – 0,6	73,2 ± 13,1 ^b	59,7 – 85,7
Manga	0,4 ± 0,2	0,3 – 0,6	0,1 ± 0,1	0,0 – 0,1	92,6 ± 12,7 ^a	77,9 - 100
Manga com hortelã	0,4 ± 0,4	0,2 – 0,8	0,1 ± 0,2	0,0 – 0,3	86,5 ± 23,4 ^a	59,4 - 100
Maracujá	3,3 ± 0,9	2,7 - 4,3	2,6 ± 0,9	2,0 - 3,6	21,5 ± 5,7 ^b	15,1 – 26,1
Maracujá com hortelã	1,5 ± 0,6	0,9 - 2,0	0,4 ± 0,1	0,2 – 0,4	76,2 ± 22,6 ^a	44,6 – 87,9
Manga	0,4 ± 0,2	0,3 – 0,6	0,1 ± 0,1	0,0 – 0,1	92,6 ± 12,7 ^a	77,9 - 100
Maracujá	3,3 ± 0,9	2,7 - 4,3	2,6 ± 0,9	2,0 - 3,6	21,5 ± 5,7 ^c	15,1 – 26,1
Manga com maracujá	1,9 ± 0,4	1,4 - 2,1	0,4 ± 0,0	0,4 - 0,4	77,9 ± 1,9 ^b	75,7 – 79,4

*O teor médio refere-se à média obtida de três repetições de cada tipo de suco, sendo cada repetição analisada em triplicata.

** Porcentagem de degradação com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente segundo Tukey a 5% de probabilidade.

Outro fator importante na preservação da vitamina C é o pH, o que era esperado. Sua influência na preservação da vitamina C é bem ilustrada nas Figuras 14C e 14D, referentes aos sucos de maracujá e limão e suas misturas. Estes foram os sucos com menores pH (Tabela 8) e nos quais houve maior preservação da vitamina C. Entretanto, estes sucos possuem teores de vitamina C relativamente baixos, entre 0,9 a 9,8 mg/100 mL. Por este motivo, ainda que tenham sido pequenas as quantias de vitamina C degradadas durante 26 horas de armazenamento, estas chegaram a 87,9% no suco de maracujá com hortelã, cujo teor inicial era 0,9 mg/100 mL de suco, dando a impressão de que a estabilidade da vitamina C neste suco fosse baixa.

Apesar da diluição da fruta para o preparo dos sucos, não houve alteração significativa do pH dos sucos em relação ao pH da fruta e nem entre o pH dos sucos no tempo inicial e após 26 horas de armazenamento (Tabela 8). E o pH destas frutas está condizente com os publicados por outros pesquisadores: de 3,40 a 4,00 na laranja (Oliveira *et al.*, 2006); 2,16 para o limão (Sobral *et al.*, 2000); 5,75 para o mamão *in natura* (El-Aquar e Murr, 2003); 3,74 para a maçã *in natura* (Rizzon e Mieli, 2005); 3,27 para o morango *in natura* (Krolow *et al.*, 2007); 4,04 a 4,38 para a manga *in natura* (Brunini *et al.*, 2002) e de 2,72 a 3,17 em sucos de maracujá (Pinheiro *et al.*, 2006).

O teor de sólidos solúveis totais não influenciou na estabilidade da vitamina C nas frutas. Observou-se também que este parâmetro não se alterou durante o período de armazenamento dos sucos e que eles estavam condizentes com a diluição que houve com as polpas das frutas para o preparo dos sucos.

Tabela 8: Média, desvio padrão e faixa de variação dos valores de pH e °Brix nos sucos após 26 horas de armazenamento em temperatura 5 e 7°C.

Sucos	pH		pH		°Brix		°Brix	
	tempo inicial		tempo final		tempo inicial		Tempo final	
	Média±DP	Amplitude	Média±DP	Amplitude	Média±DP	Amplitude	Média±DP	Amplitude
Abacaxi	3,2 ± 0,2	3,0 – 3,4	3,3 ± 0,2	3,0 – 3,5	4,2 ± 0,6	3,4 -4,9	4,3 ± 0,7	3,5 -4,9
Abacaxi com adição de hortelã	3,2 ± 0,2	3,1 - 3,5	3,3 ± 0,2	3,0 – 3,5	3,9 ± 0,7	3,1 – 4,7	4,0 ± 0,7	3,2 - 4,6
Laranja	3,6 ± 0,1	3,5 - 3,7	3,55 ± 0,05	3,5 - 3,6	6,3 ± 0,06	6,3 - 6,4	6,2 ± 0,2	5,9 - 6,4
Laranja com cenoura	3,5 ± 0,2	3,3 - 3,8	3,8 ± 0,09	3,7 - 3,8	7,4 ± 0,2	7,3 - 7,7	7,2 ± 0,1	7,1 - 7,3
Limão sem vesículas	2,5 ± 0,1	2,4 - 2,5	2,0 ± 0,01	2,1 – 2,1	0,9 ± 0,4	0,6 - 1,2	1,1 ± 0,2	0,9 - 1,3
Limão sem vesículas com couve	2,6 ± 0,1	2,5 – 2,7	2,1 ± 0,06	2,1 - 2,2	1,3 ± 0,6	0,9 - 1,8	1,4 ± 0,2	1,3 - 1,6
Limão com vesículas	2,3 ± 0,4	1,8 - 2,6	2,1 ± 0,1	2,1 - 2,3	1,2 ± 0,6	0,6 - 1,9	0,8 ± 0,5	0,3 - 1,3
Limão com vesículas com couve	2,3 ± 0,4	1,8 - 2,7	2,1 ± 0,2	2,1 – 2,4	1,4 ± 0,2	1,3 - 1,7	1,0 ± 0,3	0,6 – 1,3
Maça	4,1 ± 0,03	4,1 - 4,1	4,1 ± 0,1	4,0 - 4,3	2,8 ± 0,2	2,6 - 3,0	2,9 ± 0,06	2,9 – 3,0
Morango	3,4 ± 0,1	3,2 - 3,4	3,4 ± 0,1	3,4 – 3,6	1,4 ± 0,06	1,4 - 1,5	1,5 ± 0,2	1,2 - 1,7
Maça com Morango	3,5 ± 0,1	3,4 - 3,6	3,6 ± 0,06	3,6 - 3,7	4,2 ± 0,2	4,0 - 4,4	4,2 ± 0,2	4,1 - 4,5
Mamão	5,3 ± 0,1	5,2 - 5,5	5,0 ± 0,1	4,9 - 5,3	2,7 ± 0,4	2,2 - 3,0	2,9 ± 0,5	2,3 - 3,2
Mamão e Cenoura	5,5 ± 0,1	5,4 - 5,7	5,3 ± 0,1	5,2 - 5,5	3,7 ± 0,1	2,2 - 3,0	3,8 ± 0,2	3,5 - 4,0
Manga	5,1 ± 0,2	5,0 - 5,4	4,9 ± 0,3	4,6 - 5,3	3,6 ± 1,3	2,1- 4,5	3,7 ± 1,2	2,3 -4,6
Manga e hortelã	5,1 ± 0,1	5,1 - 5,3	5,0 ± 0,2	4,8 - 5,3	4,8 ± 1,4	3,1 - 5,7	5,0 ± 1,5	3,3 -6,1
Manga e Maracujá	3,4 ± 0,06	3,4 - 3,5	3,4 ± 0,1	3,3 - 3,5	4,7 ± 0,9	3,7 - 5,5	5,0 ± 1,1	3,8 - 6,1

Maracujá	3,0 ± 0,07	3,0 - 3,1	3,1 ± 0,1	3,0 - 3,2	1,3 ± 0,5	0,9 - 2,0	1,4 ± 0,3	1,2 - 1,9
Maracujá com hortelã	3,0 ± 0,07	3,0 - 3,1	3,1 ± 0,04	3,1 - 3,2	1,8 ± 0,5	1,5 - 2,5	2,0 ± 0,5	1,6 - 2,6
Melancia	5,7 ± 0,03	5,7 - 5,7	5,7 ± 0,04	5,7 - 5,8	4,2 ± 0,6	3,7 - 4,9	4,2 ± 0,5	3,7 - 4,7
Melancia e Maça	4,9 ± 0,09	4,8 - 4,9	4,6 ± 0,3	4,3 - 4,9	5,9 ± 1,1	5,1 - 7,3	6,3 ± 0,4	6,0 - 6,8
Melancia com Morango	4,1 ± 0,1	3,9 - 4,2	4,4 ± 0,4	4,1 - 4,9	5,4 ± 0,6	4,8 - 6,0	5,9 ± 1,1	5,1 - 7,3

*O teor médio refere-se à média obtida de três repetições de cada tipo de suco, sendo cada repetição analisada em triplicata.

5.3 – AVALIAÇÃO DO TEMPO DE LIQUIDIFICAÇÃO E ADIÇÃO DE HORTELÃ SOBRE A ESTABILIDADE DA VITAMINA C EM SUCOS DE ABACAXI

A quantidade total de vitamina C degradada até 26 horas de armazenamento e a quantidade média degradada entre os períodos analisados, por modo de preparo dos sucos, estão apresentadas na Figura 15. A quantidade total de vitamina C degradada até 26 horas de armazenamento variou entre 2,2 mg/100 mL a 5,5 mg/100 mL e quantidade degradada entre cada tempo analisado de 0,4 mg/100 mL a 0,9 mg/100 mL de suco, e o efeito de tempo de batimento e adição de hortelã na estabilidade desta vitamina foi significativo apenas nos sucos batidos durante 8 minutos, 15 minutos e 20 minutos com adição de hortelã. Nestes, a maior degradação da vitamina C ocorreu nas primeiras horas e entre 8 e 24 horas após o preparo dos mesmos. Nos demais a degradação da vitamina C foi progressiva, não havendo diferença entre as quantidades de vitamina C degradadas em cada período de tempo analisado (Tabela 9).

Era esperado haver efeito do tempo de liquidificação na degradação de vitamina C, visto que este fato contribui para aumentar a incorporação de oxigênio. Silva et al. (2006), por exemplo, ao estudar o efeito da agitação em suco de laranja puro observaram teores mais baixos de vitamina C em suco liquidificado durante 10 minutos (27,8 mg/100ml) em relação ao suco não liquidificado (32,5 mg /100mL).

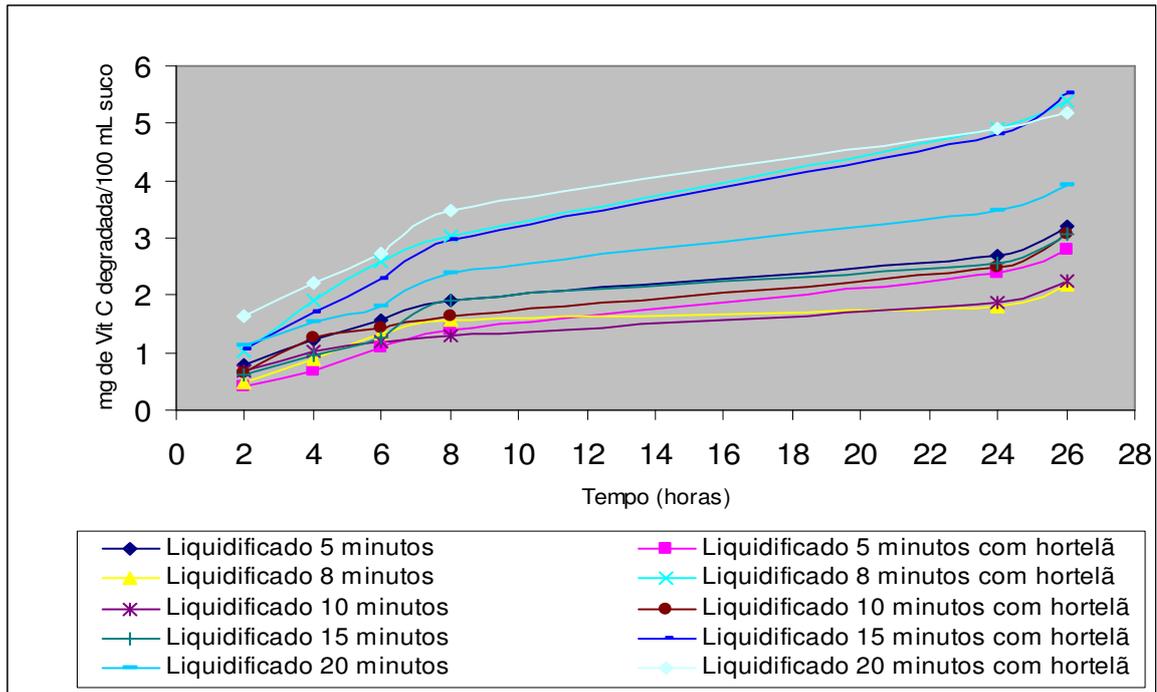


Figura 15: Cinética de degradação da vitamina C nos diferentes sucos de abacaxi.

Mediante os procedimentos adotados para a realização deste trabalho, os resultados mostram que um fator preponderante na degradação da vitamina C foi o manuseio dos sucos para a retirada das alíquotas a serem analisadas. Este dado fica bem evidenciado pelo fato da quantidade desta vitamina degradada em duas horas (da hora de preparo até 2 horas, de 2 até 4 horas, de 4 até 6 horas, de 6 até 8 horas e de 24 até 26 horas), na maioria dos sucos, não diferir significativamente da quantidade degradada durante 16 horas (das 8 às 24 horas), quando o suco permaneceu sob refrigeração e sem ser manuseado. Desta forma a média de vitamina C degradada por hora, considerando todos os intervalos de 2 horas, foi superior à média de vitamina C degradada por hora no intervalo das 16 horas, em que os sucos ficaram em repouso.

Os teores de vitamina C dos sucos de abacaxi (Tabela 10) estão condizentes com alguns trabalhos da literatura. Por exemplo, Pinheiro et al. (2006) encontraram teores dessa vitamina de 5,8 a 14,1 mg /100g. Já Matsuura e Rolim (2002) analisaram suco integral pasteurizado de abacaxi e encontraram teores mais elevados, em torno de 20,9 mg/100g de suco. Alguns sucos industrializados apresentam teores de ácido ascórbico ligeiramente maiores quando comparados ao suco natural, provavelmente devido à adição da vitamina C a fim de compensar as perdas que ocorrem durante o processamento (Danielli et al. 2009).

Tabela 9: Quantidade de vitamina C degradada (mg/100 mL) nos sucos durante 26 horas de armazenamento

Tipos de sucos	Quantidade de vitamina C degradada (mg/100mL)						Degradação média de vitamina C durante os seis períodos	Degradação total de vitamina C ao final de 26 horas de armazenamento.
	0 a 2 horas	2 a 4 horas	4 a 6 horas	6 a 8 horas	8 a 24 horas	24 a 26 horas		
Abacaxi batido durante 5 minutos	0,8 ^a	0,4 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,8 ^a	0,5 ^a	0,5 ^A	3,2 ^A
Abacaxi batido durante 5 minutos com adição de hortelã	0,4 ^a	0,3 ^a	0,4 ^a	0,3 ^a	1,0 ^a	0,4 ^a	0,5 ^A	2,8 ^A
Abacaxi batido durante 8 minutos	0,5 ^a	0,4 ^a	0,4 ^a	0,2 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,4 ^A	2,2 ^A
Abacaxi batido durante 8 minutos com adição de hortelã	1,0 ^{ab}	0,8 ^{ab}	0,7 ^{ab}	0,4 ^b	2,0 ^a	0,5 ^{ab}	0,9 ^A	5,4 ^A
Abacaxi batido durante 10 minutos	0,7 ^a	0,3 ^a	0,2 ^a	0,1 ^a	0,6 ^a	0,4 ^a	0,4 ^A	2,2 ^A
Abacaxi batido durante 10 minutos com adição de hortelã	0,6 ^a	0,6 ^a	0,2 ^a	0,2 ^a	0,8 ^a	0,6 ^a	0,5 ^A	3,1 ^A
Abacaxi batido durante 15 minutos	0,6 ^a	0,3 ^a	0,3 ^a	0,6 ^a	0,6 ^a	0,5 ^a	0,5 ^A	3,1 ^A
Abacaxi batido durante 15 minutos com adição de hortelã	1,0 ^{ab}	0,6 ^b	0,6 ^b	0,7 ^b	1,9 ^b	0,7 ^b	0,9 ^A	5,5 ^A
Abacaxi batido durante 20 minutos	1,1 ^a	0,4 ^a	0,3 ^a	0,5 ^a	1,0 ^a	0,6 ^a	0,7 ^A	3,9 ^A
Abacaxi batido durante 20 minutos com adição de hortelã	1,6 ^a	0,7 ^{ab}	0,6 ^{ab}	0,8 ^{ab}	1,5 ^{ab}	0,4 ^b	0,9 ^A	5,2 ^A

^{ab, b e a} Letras minúsculas iguais na mesma linha não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^A Letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem significativamente pela Anova.

A quantidade de vitamina C degradada ao final de 26 horas de armazenamento é inexpressiva do ponto de vista nutricional. Por exemplo, no suco de abacaxi, no qual houve maior degradação de vitamina C (5,5 mg/100mL), este teor não atinge 15% da Ingestão Diária Recomendada para esta vitamina, que são 45 mg/dia (Brasil, 2003). Entretanto, esta quantia pode ser expressiva quando se compara com a quantidade inicial desta vitamina no suco, pois pode corresponder a até 100% da vitamina presente no mesmo. Estas situações ficam bastante evidenciadas quando se compara as quantidades iniciais e finais de vitamina C em sucos com baixos teores iniciais desta vitamina (Tabela 9). Uma porção de suco de abacaxi recém-preparado (200 mL) pode fornecer entre 36,4 e 53,8% da Ingestão Diária Recomendada (IDR) de vitamina C para um adulto. Após as 26 horas de armazenamento, uma porção do suco de abacaxi com hortelã (200ml), no qual houve maior porcentagem de degradação da vitamina C, fornecerá 22,6% da IDR. E o suco de abacaxi no qual houve maior preservação da vitamina C, uma porção do mesmo ainda fornecerá 42,6% da IDR.

Achinewhu e Hart (1994) estudaram o efeito do processamento sobre os teores de vitamina C em sucos de abacaxi com quatro cultivares diferentes cujos teores iniciais situavam-se entre 22,5 e 33,5 mg/100g. Esses autores observaram que o suco de abacaxi pasteurizado apresentou uma redução do teor de vitamina C entre 28-46 %. Embora os teores iniciais de vitamina C nesses sucos fossem superiores aos do presente trabalho, as porcentagens de degradação da vitamina C em ambos foram próximas (Tabela 9).

Estudos sobre a cinética de degradação da vitamina C em função das condições de processamento permitem escolher processos alternativos ou operações mais eficientes para minimizar perdas de qualidade. Além disso, fornecem informações sobre a degradação ao longo do armazenamento, permitindo estimar o teor de vitamina ao fim da vida útil do produto, e em seguida adequá-lo à sua rotulagem (Gabas et al., 2003). Segundo Righetto (2003), a vitamina C é a responsável por 65-100% do potencial antioxidante de bebidas derivadas de frutas cítricas, mas menos de 5% do potencial antioxidante de suco de abacaxi e maçã.

Tabela 10: Teores de vitamina C (mg/100 mL) nos diferentes sucos de abacaxi no tempo inicial após 26 horas de armazenamento, em temperatura de 5 e 7°C (tempo final) e porcentagem de degradação ocorrida durante este período.

SUCOS	Tempo Inicial		Tempo Final		%Degradação	
	Média± DP*	Amplitude	Média±DP	Amplitude	Média ± DP	Amplitude
Abacaxi batido durante 5 minutos.	12,1 ± 5,8	5,9 - 17,5	8,9 ± 6,8	1,5 - 15,0	26,4 ± 32,8	14,2 – 74,3
Abacaxi batido durante 5 minutos com adição de hortelã	9,2 ± 7,9	0,8 - 16,4	6,4 ± 6,1	0,0 - 12,3	30,4 ± 41	25,2 – 100
Abacaxi batido durante 8 minutos	11,8 ± 0,3	11,5 - 12,1	9,6 ± 1,4	8,0 - 10,6	18,6 ± 10,8	10,4 -30,8
Abacaxi batido durante 8 minutos com adição de hortelã	10,4 ±1,7	8,8 - 12,1	4,4 ± 2,4	2,9 - 7,3	57,7 ± 21,5	30,9 – 71,2
Abacaxi batido durante 10 minutos	11,7 ± 5,3	7,0 - 17,5	9,4 ± 6,2	4,0 - 16,1	19,7 ± 17,4	7,8 - 42,4
Abacaxi batido durante 10 minutos com adição de hortelã	8,2 ± 8,5	0,7 - 17,4	5,1 ± 8,0	0,0 - 14,4	67,8 ± 44,1	17,3 - 100
Abacaxi batido durante 15 minutos	10,7 ± 0,3	10,4 - 10,9	7,6 ± 1,4	6,2 - 9,1	29,0 ± 13,8	15,6 – 43,1
Abacaxi batido durante 15 minutos com adição de hortelã	9,1 ± 0,5	8,7 - 9,7	3,6 ± 1,3	2,3 - 4,8	60,4 ± 15,5	45,9 – 76,7
Abacaxi batido durante 20 minutos	11,6 ± 4,5	8,5 - 16,8	7,7 ± 6,2	2,1 - 14,3	33,6 ± 34,8	14,9 – 78,3
Abacaxi batido durante 20 minutos com adição de hortelã	10,3 ± 5,3	5,9 - 16,2	5,1 ± 7,3	0,4 - 13,5	50,5 ± 41,3	16,6 – 77,7

*O teor médio refere-se à média obtida de três repetições de cada tipo de suco, sendo cada repetição analisada em triplicata. DP: Desvio-padrão

Apesar da diluição do abacaxi para o preparo do suco, não houve alteração significativa do pH dos sucos em relação ao pH da fruta e nem entre o pH dos sucos no tempo inicial e após 26 horas de armazenamento a 5-7°C. O pH dos sucos de abacaxi situou-se entre 3,54 e 3,55. O teor de sólidos solúveis no suco sem diluição foi de 13,27°Brix. Com a diluição, reduziu para 3,80 a 5,40°Brix, não havendo modificação durante o armazenamento e nem diferença significativa. O pH e o teor de sólidos solúveis estavam similares aos relatados por Pinheiro et al. (2006), que detectaram faixa de pH entre 3,46 - 3,63 e de sólidos solúveis entre 11,2 e 13,5 °Brix para estes sucos.

6. CONCLUSÕES

- Foram observadas variações nos teores de vitamina C entre diferentes tipos de frutas e entre as repetições analisadas de mesmos tipos de frutas, de forma que algumas podem ser consideradas fontes de vitamina C e outras não. Neste sentido, é preciso que as autoridades exijam dos agricultores e pesquisadores que os alimentos produzidos para o consumo humano contenham os nutrientes que se devam possuir. Que não priorizem o custo de produção e produtividade em detrimento da qualidade nutritiva;
- Os teores de ácido ascórbico detectados nas frutas *in natura* foram: 37,6 a 46,2mg/100g no morango; 27,3 a 45,0mg/100g na laranja; 26,1 a 38,9 mg/100g no mamão; 23,3 a 38,5mg/100g no maracujá; 18,5 a 33,1 mg/100g no abacaxi; 19,4 a 26,2mg/100g no limão; 8,8 a 11,3mg/100g na melancia; 6,4 a 9,3mg/100g na manga e 1,4 a 2,4mg/100g na maçã. Estes teores variam de 3,1% a 102% da Ingestão diária recomendada dessa vitamina, considerando um indivíduo adulto;
- A vitamina C possui elevada estabilidade nos sucos. A degradação da vitamina C foi progressiva durante as 26 horas de armazenamento sob refrigeração a 7°C, com poucas exceções. A quantidade de vitamina C degradada em duas horas de armazenamento variou entre 0,05 mg/100 mL a 1,2 mg/100mL de suco e, na maior parte dos sucos, esta quantia não diferiu significativamente da quantidade degradada durante 16 horas de armazenamento sob as mesmas condições. A quantidade total de vitamina C degradada em 26 horas de armazenamento variou de 0,3mg/100mL a 7,4mg/100mL, sendo a maior degradação observada no suco de melancia com morango e a menor no suco de manga com hortelã. E na maior parte dos sucos, a quantidade total de vitamina C degradada era inexpressiva do ponto de vista nutricional, menos que 16,4% da Ingestão Diária Recomendada para esta vitamina;
- No tempo inicial, a adição de cenoura reduziu o teor de vitamina C dos sucos de laranja e mamão. Entretanto, a adição de cenoura a esses sucos não afetou a degradação de vitamina C durante o armazenamento de 26 horas;

- Não se detectou efeito de tempo de batimento, tão pouco da adição de hortelã na estabilidade da vitamina C nos sucos de abacaxi durante o armazenamento;
- O fato da quantidade de vitamina C degradada durante 16 horas ter sido similar à quantidade degradada em duas horas, fato observado na maior parte dos sucos, levou a concluir que a degradação foi mais expressiva durante os períodos em que os sucos foram manipulados para as retiradas das alíquotas para a realização das análises, que equivaleriam aos momentos em que o indivíduo se servisse dos sucos em seu domicílio.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achinewhu, S. C.; Hart, A. D.(1994) Effect of processing and storage on the ascorbic acid (vitamin C) content of some pineapple varieties grown in the Rivers State of Nigeria. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 46(4):335-337.

Almeida, J.M.D., Santos, R.J., Genovese, M.I., Lajolo, F.M. (2006) Avaliação da Atividade Antioxidante utilizando Sistema β -Caroteno/Ácido Linoléico e Método de Seqüestro de Radicais DPPH•. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 26(2): 446-452.

Andrade, R.S.G, Diniz, M.C.T, Neves, E.A, Nóbrega, J.A. (2002). Determinação e distribuição de ácido ascórbico em três frutos tropicais. *Eclética Química*, 27(n.spe): 393-401.

Andrade, S.J. (1991) *Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu Myrciaria dúbia (H.B.K.) Mc Vaugh cultivado em terra firme na Amazônia Central Brasileira*. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos). Campinas – SP. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 127p.

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 PUC-Campinas*. 13(2): 89-97.

Bleinroth, E.W. (1976) Caracterização de variedades de manga para industrialização. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 78p.

Borges,V.S. (2010)Tecnologia a serviço da fruticultura:

http://www.ibraf.org.br/news/news_item.asp?NewsID=6718 em 15/03/2010 página mantida pelo Instituto Brasileiro de Frutas - IBRAF

Branco, I.G.; Sanjinez-Argandona, E.J.; Silva, M.M.; Paula, T.M.; (2007) Avaliação sensorial e estabilidade físico-química de um *blend* de laranja e cenoura. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 27(1):7-12.

Brasil, Ministério da Saúde/ANVISA (2003), *Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados*, Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003., Brasília, Diário Oficial da União (26/12/2003), seção 1, p. 34-35. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br>

Brasil, Ministério da Saúde/ANVISA, *Regulamento técnico referente à Informação Nutricional Complementar* (declarações relacionadas ao conteúdo de nutrientes), Resolução RDC nº 27 de 13 de janeiro de 1998, Brasília, Diário Oficial da União (16/01/1998), seção 1, p. 34-35. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br>>

Brito, C. A. K., Siqueira, P.B., Souza, J.C., Bolini, H.M.A., (2009) In Vitro Antioxidant capacity, Phenolic, Ascorbic Acid and Lycopene Content of Guava (*Psidium Guajava* L.) Juices and Nectars. *Boletim do Centro e Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 27(2):175-182.

Brunini, M.A.; Durigan, J.F.; Oliveira, A.L. (2002) Avaliação das alterações em polpa de manga 'Tommy-Atkins' congeladas. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal 24(3):651-653.

Calegari, J.M; Pezzi, E.; Bender, R.J. (2002) Utilização de atmosfera modificada na conservação de morangos em pós-colheita. *Pesquisa agropecuária brasileira* 37(8): 1049-1055

Carpenter K. J. (1986) The history of scurvy and vitamin C. Cambridge: Cambridge University Press. 423p.

Carr, A. C.; Frei, B. (1999) Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69(6): 1086-1107.

- Cerqueira, F. M., Medeiros, M. H. G., Augusto, O. (2007) Antioxidantes: controvérsias e perspectivas. *Química Nova*, 30(2): 441-449.
- Chitarra, M.I.F. (2000) Processamento mínimo de frutos e hortaliças. Lavras: *FAEPE*, 119p
- Cunniff, Patrícia (ed.) (1998), *Official Methods of analysis of AOAC International*, 4 ed., Maryland: AOAC International, V.I(45): 16-17.
- Danieli, F.; Costa, L.R.L.G; Silva, L.C.; Hara, A.S.S.; Silva, A.A. (2009) Determinação de vitamina C em amostras de suco de laranja *in natura* e amostras comerciais de suco de laranja pasteurizado e envasado em embalagem Tetra Pak. *Rev Inst Ciênc Saúde*, 27(4): 361-365.
- EL-Aquar, A.A.; Murr, F.E.X. (2003) Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya L.*) Soc. Brasil. Ciênc. Tecnol. Alimentos. 23(1).
- Fennema, O.R. (2000) *Química de los Alimentos*. 2. Ed., Espanha: Acribia, S.A., Zaragoza, 1258p.
- Folegatti, M. I. S.; Matsuura, F.C. A. U. (2002) *Mamão: pós-colheita*. Cruz das Almas, BA, Embrapa Mandioca Fruticultura; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 59p.
- Fornaro, A., Coichev, N. (1998) Ácido L-ascórbico: reações de complexação e de óxido-redução com alguns íons metálicos de transição. *Química Nova*, 21 (5): 642 - 650.
- Franco, G. (2002), *Tabela de Composição Química dos Alimentos*, 9.Ed, São Paulo: Editora *Atheneu*
- Freitas, C. A. S., Maia, G. A., Costa, J. M., Figueiredo, R. W., Sousa, P. H. M.,

Fernandes, A. G. (2006), Estabilidade dos carotenoides, antocianinas e vitamina C presentes no suco tropical de acerola (*malpighia emarginata* dc.) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(5): 942-949.

Gabas, A.L.; Telis-Romero, J.;Menegalli, F.C. (2003) Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. *Ciênc. Technol. Aliment* vol.23: 66-70

Gomes, J. L., Perecin, D., Martins, A. B. G.(2002) Correlações entre os caracteres físico-químicos de frutos da aceroleira com variáveis meteorológicas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1): 111-114.

Gonçalves, A. A. S. S. (2008) *Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C*. Tese (Mestrado em Ciência dos Alimentos). São Paulo – SP – Universidade de São Paulo, 88p.

Gregory, J. F. (1996) *Vitamins*. In: Fennema, O.R. Food Chemistry. 3ed. Cap.8: 531 - 616.

Guilland, J.C., Lequeu, B. *As vitaminas do nutriente ao medicamento*. São Paulo : Santos, 1995. 375p.

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 Botânica 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: 4 de fevereiro de 2011.

Jaime, P.C., Machado, F.M.S., Westphal, M.F., Monteiro, C.A. (2007) Educação nutricional e consumo de frutas e hortaliças: ensaio comunitário controlado. *Revista Saúde Pública*, 41(1): 154-157.

Krolow, A.C.; Schiwengber, J.; Ferri, N. (2007) Avaliações físicas e químicas de morango cv. Aromas produzidos em sistema orgânico e convencional. *Ver. Bras. de Agroecologia*. 2(2):1732 – 1735.

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.

Leite, H.P., Sarni, R.S. (2003) Radicais livres, anti-oxidantes e nutrição. *Revista Brasileira Nutrição Clínica*, 8(2):150-164.

Lima, E.D.P.A., Lima, C.A.A., Aldrigue, M.L., Gondim, P.J.S. (2002) Caracterização física e química dos frutos da umbu-cajazeira (*spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(2): 338-343.

Lopes, A.S. (2005) *Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto*. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Campinas – SP. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 193p.

Maciel, M.I.S., Melo, E.A., Lima, V.L.A.G., Silva, W.S., Maranhão, C.M.C., Souza, K.A. (2009) Características Sensoriais e Físico-Químicas de Geléias Mistas de Manga e Acerola. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 27(2): 247-256.

Maeda, R.N., Pantoja, L., Yuyama, L.K.O., Chaar, J.M. (2007) Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh), *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(2): 313-316.

Maia, G.A., Sousa, P.H.M., Santos, G.M., Silva, D.S., Fernandes, A.G., Prado, G.M. (2007) Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. *Ciência Tecnologia de Alimentos*, 27(1): 130-134.

Manela-Azulay, M., Mandarim-de-Lacerda, C.A., Perez, M.A., Filgueira, A.L., Cuzzi, T. (2003). Vitamina C. *Anais Brasileira de Dermatologia*, 78(3): 265-274.
Miranda, J. A. (2005) Infecções virais das vias aéreas superiores, *Revista Portuguesa de Clínica Geral*, 21: 391-399.

Matsuura, F.C.A.U., Rolim, R.B (2002) Avaliação da adição de Suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de Vitamina C. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24(1): 138-141.

Matta, V. M., Farias. S. C. (2009) Consumo de frutas e hortaliças é alternativa para promoção da saúde: [http:// www.agrosoft.org.br/agropag/212738.htm](http://www.agrosoft.org.br/agropag/212738.htm). Em 10/02/2010 página mantida pela Agrosoft Brazil.

Melo, E.A., Guerra, N.B. (2002) Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 36(1): 1-11.

Melo, E.A., Maciel, A.I.S., Lima, V.L.G.L., Nascimento, R.J. (2008) Capacidade antioxidante de frutas. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, 44(2):193-201.

Miranda, J. A.(2005), *Infecções virais das vias aéreas superiores*, Rev Port Clin Geral; 21:391-9

Morán, G.A.G, Cardona, A.G., Mejía, O.R., Grimald, D.C., Vela, H.S., Biol, S.A.B., Cobos, C. (2006) Aspectos bioclínicos y patobiológicos de la vitamina C en la especie humana. *Revista CES Medicina*, 20 (2): 53-72.

Naczki, M., Shahidi, F. (2004) Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054(2): 95-111.

Nogueira, R. J. C., Moraes, J. A. V., Burity, H. A., Silva, J. F. Jr. (2002) Efeito do estágio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola, *Pesquisa agropecuária brasileira*, 37(4): 463-470.

Oliveira, J.C.; Setti-Perdigão, P.; Siqueira, K.A.G.; Santos, A.C.; Miguel, M.A.L. (2006) Características microbiológicas do suco de laranja *in natura*. *Ciênc. Technol. Aliment.*, 26(2): 241-245.

Pedrão, M.R., Beleia, A., Modesta, R.C.D., Prudêncio-Ferreira, S.H. (1999) Estabilidade físico-química e sensorial do suco de limão Tahiti natural e adoçado, congelado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 19(2): 282-286.

Pinedo, R.A. (2007) *Estudo da estabilização da polpa de camu-camu (Myrciaria dubia (N.B.K) Vc.Vaugh) congelada visando a manutenção de ácido ascórbico e antocianinas*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Campinas - SP, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 180p.

Pinheiro, A.M., Fernandes, A.G., Fai, E.C., Prado, G.M., Sousa, H.M., Maia, G.A. (2006) Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. *Ciência e Tecnologia Alimentos*, 26(1): 98-103.

Prati, P., Moretti, R.H., Cardello, H.M.A., Gândara, A. L N. (2004) Estudo da vida de prateleira de bebida elaborada pela mistura de garapa parcialmente clarificada estabilizada e suco natural de maracujá. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, 22(2): 295-310.

Resende, M.R.V., Salgado, S.M.L., Chaves, Z.M. (2003) Espécies ativas de oxigênio na reposta de defesa de plantas à patógenos. *Fitopatologia Brasileira*, 28 (2): 123-130.

Righetto, A. M. (2003) *Caracterização Físico-Química e Estabilidade de Suco de Acerola Verde Microencapsulado por Atomização e Liofilização*. Tese (Doutorado

em Ciência da Nutrição) Campinas – SP. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 200p.

Rosa, J.S. (2005) *Desenvolvimento de um método rápido para análise de vitamina C por cromatografia líquida de alta eficiência utilizando coluna de troca iônica*. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Seropédica - RJ, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 98p.

Rosa, J.S., Godoy, R.L.O., Neto, J.O., Campos, R.S., Matta, V.M., Freire, C.A., Silva, A.S., Souza, R.S. (2007) Desenvolvimento de método de análise de vitamina C em alimentos por cromatografia líquida de alta eficiência e exclusão iônica. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27 (4): 837-846.

Santos, P.H.S. (2008) *Estudo da Cinética de degradação do Ácido Ascórbico na secagem se Abacaxi em Atmosfera Modificada*. Tese (Mestrado em Engenharia Química) Campinas – SP, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 144p.

Silva, A.A.G., (2002) *Maracujá Amarelo (passiflora edulis sims f. flavicarpa deg.): Aspectos relativos à fenologia, demanda hídrica e conservação pós colheita*. Tese de doutorado (Doutor em Agronomia). Botucatu – SP. Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, 113p.

Silva, C.M.R., Naves, M.M.V. (2001) Revisão: Suplementação de Vitaminas na Prevenção de Câncer. *Revista de Nutrição*, 14(2): 135-143.

Silva, P.T., Lopes, M.L.M., Valente-Mesquita, V.L.(2006) Efeito de diferentes processamentos sobre o teor de ácido ascórbico em suco de laranja utilizado na elaboração de bolo, pudim e geléia. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, 26(3): 678-682.

Silva, P.T., Fialho, E., Lopes, M.L.M., Valente-Mesquista, V.L. (2005) Sucos de Laranja industrializados e preparados sólidos para refrescos: estabilidade química e físico-química. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 25(3):597-602.

Smirnoff, N. (1996) The Function and Metabolismo of Ascorbic Acid in Plants. *Annals of Botany Company*, 78: 6661-6669.

Smirnoff, N. Wheeler, G.L. (2000) Ascorbic Acid in Plants: Biosynthesis and Function. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 35(4): 291-314.

Souza, L. M. et al.. (2008); L-ascorbic acid, b-carotene and lycopene content in papaya fruits (*carica papaya*) with or without physiological skin freckles. *Sciencia Agricola (Piracicaba)*.v.65,n.3,p.246-250.

Souza, L. M. (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*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal), Campos dos Goytacazes - RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, 103p.

Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO. / UNICAMP: Disponível em: <<http://www.unicamp.br/nepa/taco>> Acesso em 23/03/2011 página mantida pela UNICAMP, 2006.

Taiz, L., Zeiger, E. (2004) *Fisiologia Vegetal*. Tradução de Eliane Romanato Santarém (et al.) – 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 719p.

Vieira, M.C.; Teixeira, A.A.; Silva, C.L.M. (2000) Mathematical modeling of thermal degradation kinetics of vitamin C in cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) nectar. *Journal of Food Engineering*, 43: 1-7.

World Health Organization – WHO, 1994. Fats and oils in human nutrition. Report of a joint expert consultation. Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization. *FAO Food Nutr Pap*. 57: 1-147.

Wolkoff, D. B. (2004) *Estudo da Estabilidade de Repositor Hidroeletrólítico Formulado à Base de Sucos Clarificados de Acerola e Caju*. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Campinas – SP Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, 194p.

Zamudio, L.H.B. (2007) *Caracterização de Vitamina C em frutos de Camu-camu Myrciaria dubia (H.B.K.) em diferentes estágios de maturação do Banco Ativo de Germoplasma de Embrapa*. Monografia (Especialização em Nutrição Humana) – Brasília – Distrito Federal, Universidade Federal de Brasília – UnB, 121p.

Zapata, L.M., Gerard, L., Davies, C., Schwab, M.C. (2007) Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. *Ciencia Docencia Tecnologia*, n.35: 173-193.

Zimmermann, M. B. (2003) Vitamin and mineral supplementation and exercise performance, *Institute for Food Science and Nutrition*, 51(1): 53–57.