

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “PROFESSOR JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CAMPUS DE ARARAQUARA

**INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO POR *SPRAY DRYING*
SOBRE O TEOR ÁCIDO ASCÓRBICO NO SUCO DE
ACEROLA (*Malpighia ssp*)**

DEISE LUCIANE TANAKA

ARARAQUARA
2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “PROFESSOR JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS
CAMPUS DE ARARAQUARA

**INFLUÊNCIA DA DESIDRATAÇÃO POR *SPRAY DRYING*
SOBRE O TEOR ÁCIDO ASCÓRBICO NO SUCO DE
ACEROLA (*Malpighia ssp*)**

DEISE LUCIANE TANAKA

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

ORIENTADOR:
Prof.Dr. JOSÉ PASCHOAL BATISTUTI

ARARAQUARA
2007

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. José Paschoal Batistuti
Orientador

Profa. Dra. Célia Maria de Sylos

Prof. Dr. Alceu Afonso Jordão Júnior

Araraquara, 2007.

RECOMEÇAR

Não importa onde você parou
em que momento da vida você cansou
o que importa é que sempre é possível e
necessário "recomeçar".

Recomeçar é dar uma nova chance a si mesmo
é renovar as esperanças na vida e o mais importante
acreditar em você de novo.

Sofreu muito nesse período?
foi aprendizado...

Chorou muito?
foi limpeza da alma...

Ficou com raiva das pessoas?
foi para perdoá-las um dia...

Sentiu-se só por diversas vezes?
é porque fechaste a porta até para os anjos...

Acreditou que tudo estava perdido?
era o início da tua melhora...

Pois é... Agora é hora de reiniciar, de pensar na luz
de encontrar prazer nas coisas simples de novo.

Que tal
Um corte de cabelo arrojado... Diferente?
Um novo curso... Ou aquele velho desejo de aprender a

pintar... Desenhar... Dominar o computador
ou qualquer outra coisa...

Olha quanto desafio
quanta coisa nova nesse mundão de meu Deus te
esperando.

Tá se sentindo sozinho?
besteira... Tem tanta gente que você afastou com o
seu "período de isolamento"
tem tanta gente esperando apenas um sorriso teu
para "chegar" perto de você.

Quando nos trancamos na tristeza
nem nós mesmos nos suportamos
ficamos horríveis
o mau humor vai comendo nosso fígado
até a boca fica amarga.

Recomeçar...
Hoje é um bom dia para começar novos
desafios.

Aonde você quer chegar?
ir alto... Sonhe alto... Queira o
melhor do melhor... Queira coisas boas para a vida
pensando assim trazemos para nós aquilo que desejamos
se pensamos pequeno
coisas pequenas teremos.

Já se desejarmos fortemente o melhor e principalmente
lutarmos pelo melhor
o melhor vai se instalar na nossa vida.
E é hoje o dia da faxina mental

joga fora tudo que te prende ao passado... Ao mundinho
de coisas tristes...

Fotos... Peças de roupa, papel de bala... Ingressos de
cinema, bilhetes de viagens
e toda aquela tranqueira que guardamos
quando nos julgamos apaixonados
jogue tudo fora... Mas principalmente
esvazie seu coração... Fique pronto para a vida
para um novo amor...

Lembre-se somos apaixonáveis
somos sempre capazes de amar muitas e muitas vezes
afinal de contas
Nós somos o "amor".

" Porque sou do tamanho daquilo que vejo, e não do
tamanho da minha altura."

Carlos Drummond de Andrade

DEDICO

Aos meus pais, Jorge e Francisca

Ao meu amado noivo, Oscar

A minha irmã, Lucilene

AGRADECIMENTOS

Ao **Prof. Dr. José Paschoal Batistuti**, pela orientação, sensibilidade e amizade.

Aos **senhores membros da banca examinadora**, pelo aceite e indispensáveis contribuições a este trabalho.

Aos **professores do Departamento de Alimentos e Nutrição** (FCFAR – Araraquara – SP).

Ao **Prof. Dr. Alberto Cavalheiro** (IQ – Araraquara – SP).

Aos **técnicos do Departamento de Alimentos e Nutrição** (FCFAR – Araraquara – SP).

À **Cláudia Molina e Laura Rosim**, da Seção de Pós-graduação, pela assistência e gentilezas.

Às **grandes amigas conquistadas ao longo do curso**: Jamilla Teixeira, Mirella Teixeira, Gustavo Fontanari, Juliana Félix, Alessandra Amaro e Profa. Magali Monteiro.

Ao **Grupo Centroflora e seus funcionários**, pela oportunidade.

Aos amigos **Carla Pereira, Maria Célia Reimberg, Flávio Angarten, Luciana Cunha, Marcelo Pontes, Marcelo Telascrêa, Mário Maróstica, Murilo Assonuma, Patrícia Fonseca, Ticiane Rossi, Vera Roife, Arlindo Ferrari e Adriane Semmer**, pelo apoio de todos os dias.

Aos **meus amados pais**, minha eterna gratidão por terem me educado nas trilhas do discernimento e sabedoria.

Ao **meu noivo**. Obrigada pelo amigo que me completa e dá sentido a minha vida. Eu te amo...

SUMÁRIO

Lista de tabelas.....	ix
Lista de figuras.....	x
Lista de abreviaturas.....	xi
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO.....	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.2 Objetivos específicos.....	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
3.1 Acerola.....	5
3.1.1 Histórico.....	5
3.1.2 Produção e mercado.....	6
3.1.3 Aspectos nutricionais.....	7
3.1.4 Botânica.....	10
3.2 Vitamina C.....	12
3.2.1 Degradação da vitamina C em suco de fruta.....	15
3.2.1.1 Rotas de degradação da vitamina C.....	15
3.2.2 Fatores que contribuem para a degradação de vitamina C.....	16
3.3 Conservação de alimentos pelo controle da umidade.....	17
3.3.1 Desidratação por atomização, aspersão ou <i>spray dryer</i>	18
3.4 Microencapsulação.....	21
3.5 Desidratação do suco de acerola.....	23
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 Material.....	26
4.1.1 Matéria-prima.....	26
4.1.2 Material de parede.....	26
4.2 Métodos.....	26
4.2.1 Processamento para obtenção de suco de acerola microencapsulado.....	27
4.2.2 Análises química e físico-químicas do suco.....	29
4.2.2.1 pH.....	29
4.2.2.2 Sólidos solúveis (°Brix).....	29
4.2.2.3 Sólidos totais.....	29

4.2.2.4 Umidade.....	30
4.2.2.5 Ácido ascórbico	30
4.2.2.5.1 Determinação de ácido ascórbico por CLAE.....	30
4.2.2.5.1.1 Padrão	30
4.2.2.5.1.2 Curva-padrão.....	31
4.2.2.5.1.3 Análise de ácido ascórbico.....	33
4.2.2.5.1.4 Solventes	33
4.2.2.5.1.5 Equipamento	33
4.2.2.5.2 Separação por CLAE de fase reversa.....	33
4.2.2.6 Análise estatística dos dados.....	35
4.2.3 Estabilidade (vida-de-prateleira) do suco de acerola microencapsulado	35
4.2.3.1 Embalagem	35
4.2.3.1.1 Caracterização da embalagem.....	36
4.2.3.2 Armazenamento	36
4.2.3.3 Avaliação microbiológica	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
5.1 Resultados das análises química e físico-químicas das matérias-primas.....	37
5.1.1 Suco de acerola verde	37
5.1.2 Maltodextrina.....	38
5.2 Resultados das análises química e físico-químicas da mistura (suco e maltodextrina) antes da secagem.....	38
5.3 Resultados das análises química e físico-químicas do suco microencapsulado	39
5.4 Análise quantitativa	39
5.4.1 Suco de acerola verde	39
5.4.2 Mistura (suco e maltodextrina) antes da secagem	40
5.4.3. Suco microencapsulado	41
5.4.5 Análise de estabilidade (vida-de-prateleira) do suco de acerola microencapsulado... ..	42
5.4.5.1 Análise de ácido ascórbico.....	42
5.4.5 Avaliação microbiológica	44
6 CONCLUSÕES	46
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de acerola madura na planta	11
Figura 2. Estrutura química da vitamina C	13
Figura 3. Esquema de funcionamento de <i>spray dryer</i>	19
Figura 4. Bicos atomizadores	20
Figura 5. Vista aérea da filial Anidro do Brasil Extrações Ltda., Botucatu – SP	26
Figura 6. Fluxograma de processamento do suco de acerola microencapsulado	28
Figura 7. Curva-padrão do ácido ascórbico	31
Figura 8. (a) Cromatograma do padrão de ácido ascórbico	32
Figura 8. (b) Espectro de ultravioleta do padrão ácido ascórbico	32
Figura 8. (c) Análise de pureza do pico cromatográfico do padrão de ácido ascórbico	32
Figura 9. Cromatograma obtido por CLAE para o suco de acerola verde	40
Figura 10. Cromatograma obtido por CLAE para mistura de suco de acerola verde e maltodextrina	40
Figura 11. Cromatograma obtido por CLAE para suco microencapsulado	41
Figura 12. Teor de ácido ascórbico das amostras de suco de acerola verde, mistura e suco microencapsulado	42
Figura 13. Comportamento do teor de ácido ascórbico no estudo de estabilidade	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Concentração de ácido ascórbico em algumas frutas	8
Tabela 2. Composição da acerola em 100 g de polpa	9
Tabela 3. Característica da acerola em diferentes estádios de maturação	10
Tabela 4. Gradiente utilizado como fase móvel na coluna Hypersil ODS-2	34
Tabela 5. Caracterização do suco de acerola verde	38
Tabela 6. Caraterização da maltodextrina	38
Tabela 7. Caracterização da mistura (suco e maltodextrina)	39
Tabela 8. Caracterização do suco de acerola microencapsulado	39
Tabela 9. Teor de ácido ascórbico (mg/100g em base seca) e sua perda (%) para as amostras de suco de acerola estudadas durante o tempo de armazenamento a 25°C.....	43
Tabela 10. Avaliação microbiológica das amostras de suco de acerola microencapsulado	45

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Termo
ACN	Acetonitrila
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
DAD	Detector de arranjo de diodos
ha	Hectare
HMF	Hidroximetilfurfural
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico
rpm	Rotação por minuto
U.I.	Unidades internacionais
TFA	Tetrahidrofurano

RESUMO

Nos últimos anos é notável a crescente utilização de alimentos desidratados. A desidratação por atomização gera produtos de maior valor nutritivo, estáveis e versáteis, podendo ser utilizados como aromatizantes, corantes, edulcorantes, vitaminas, minerais, acidulantes, temperos, medicamentos, etc.

A microencapsulação de substâncias sensíveis através da desidratação por atomização possibilita protegê-las contra evaporação, oxidação e outras reações químicas. Além disso, tem como um dos seus principais objetivos o refinamento do alimento e, conseqüentemente, a oferta de um novo produto no mercado.

A acerola é conhecida pelo seu valor nutritivo decorrente do alto teor de vitamina C, que é de 30 a 40 vezes superior ao da laranja. Por este motivo, é uma das principais frutas tropicais que têm uma grande importância comercial no

Brasil. Sua participação em milhões de dólares por hectare plantado já superou a da laranja.

A presente pesquisa estudou a influência da desidratação do suco de acerola por atomização sobre o teor de ácido ascórbico, atendendo às necessidades de uma empresa produtora.

A formulação foi a mesma utilizada pela empresa na fabricação do suco de acerola. Foram realizadas análises químicas (ácido ascórbico) e físico-químicas nas amostras durante as três etapas do processo de suco de acerola, mistura (suco e maltodextrina) e suco microencapsulado.

Através do método de quantificação de ácido ascórbico por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência) verificou-se que a perda dessa vitamina do início ao fim do processo foi de 80,65%.

Já a análise realizada no produto após 90 dias mostrou que a perda de ácido ascórbico foi de 5,61%. Neste estudo de estabilidade utilizou-se como referência suco de acerola liofilizado, sem agente encapsulante. A microencapsulação sugeriu estabilidade superior à do produto liofilizado.

ABSTRACT

In recent years the increasing use of dehydrated food is notable. The dehydration by atomization generates products of higher nutritional value, more stable, and versatile, been passive of been used as flavorings, food dyes, sweeteners, vitamins, minerals, acidulous substances, seasoning, medicine, etc.

The micro-encapsulation of sensible substances through dehydration by atomization allows the protection of these sensible substances against evaporation, oxidation, and other chemical reactions. Besides, it has as its main objectives, the refinement of food products and consequently, the offering of a new product to the market.

Acerola is known for its nutritious value due to the high vitamin C content which is 30 to 40 times higher than that of orange. Thus, it is one of the main tropical fruits of great commercial importance in Brazil. Its participation in millions of dollars per hectare has surpassed that of orange.

The present research studied the influence of acerola juice dehydration by atomization on the stability of ascorbic acid in order to attend to the necessities of a producer company.

The formulation was the same used by the company in the manufacture of acerola juice powder. Chemical analysis (ascorbic acid) and physical-chemical analysis were realized in the samples during the three phases of the process: acerola juice, mix (juice and maltodextrin) and micro-encapsulated juice.

The method to quantificate ascorbic acid by HPLC (High Performance Liquid Chromatography) verified that the loss of this vitamin from the beginning to the end of the process was 80.65%.

The analysis carried through in the product after 90 days, showed that the loss of ascorbic acid was of 5.61%. In this stability study, we used as a reference, freeze dried acerola juice without encapsulation agents. The micro-encapsulation suggested a superior stability when compared to the freeze dried product.

1 INTRODUÇÃO

A descoberta do ácido ascórbico foi originada dos estudos realizados para detectar a substância existente nas frutas e verduras, que impedia a proliferação do escorbuto entre os marinheiros em longas viagens.

A acerola é uma fruta rica em vitamina C bem como caroteno, tiamina, riboflavina, niacina, proteínas e sais minerais (ferro, cálcio e fósforo). Tem alta atividade antioxidante devido ao alto teor de vitamina C e pode ser utilizada para fabricação de sucos (integral, concentrado e desidratado), refrigerante, bombons, gomas de mascar, geléias, cápsulas, néctares, compotas, misturas de sucos de frutas, bebidas esportivas, pílulas vitamínicas e sorvetes como portador de vitamina C natural.

Uma alternativa para a preservação da acerola é a sua desidratação pelo processo de atomização (*spray drying*) que permite a obtenção de polpa de acerola desidratada com elevado teor de vitamina C.

A desidratação, além de ser utilizada como um método de conservação objetiva também o refinamento do alimento, tendo-se como consequência a oferta de um novo produto no mercado.

2 OBJETIVO

A presente pesquisa foi desenvolvida através da parceria universidade-indústria. A Anidro do Brasil Extrações Ltda., do Grupo Centroflora, localizada no município de Botucatu – SP é fabricante de sucos desidratados, dentre os quais o de maior destaque é o suco desidratado de acerola, que atende em sua maior parte o mercado externo.

Dentre os objetivos de melhoria da qualidade de seus produtos, essa empresa tem procurado estudar o comportamento dos nutrientes, principalmente do ácido ascórbico do suco de acerola, durante o processo de fabricação, garantindo melhor aproveitamento desse nutriente no produto acabado.

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho foi o estudo da influência da desidratação por *spray drying* sobre o teor de ácido ascórbico do suco de acerola (*Malpighia ssp*).

2.2 Objetivos específicos

- padronização de metodologia para quantificação de ácido ascórbico por CLAE;
- estudo de estabilidade (produto microencapsulado x produto liofilizado).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Acerola

A acerola é uma fruta rica em vitamina C bem como caroteno, tiamina, riboflavina, niacina, proteínas e sais minerais (ferro, cálcio e fósforo). Tem alta atividade antioxidante devido ao alto teor de vitamina C.

3.1.1 Histórico

Silva (2000) cita que estudos realizados mostraram que os nomes, *Malpighia puniceifolia* Linné e *Malpighia glabra* Linné, são sinônimos, sendo o nome correto, *Malpighia emarginata* D.C.. A adoção do nome *M.emarginata* D.C., ainda é pequena, no entanto, o uso dessa denominação foi adotado no Conselho Internacional de Recursos Genéticos Vegetais (IBPGR), em reunião na Itália em 1986.

A acerola, *Malpighia glabra* Linné, tem sua origem nas Antilhas, mais especificamente em Porto Rico (TOCCHINI et al., 1995). Segundo Marino (1986), a Universidade Federal Rural de Pernambuco introduziu-a no estado de Pernambuco, em 1955, porém em São Paulo, ela já era conhecida há mais de cinquenta anos, sendo encontrada em chácaras, sítios e fazendas, em plantios sem finalidade comercial ou industrial.

Dentre os sucos de frutas comercializados o suco de acerola é o que possui maior teor de vitamina C. Na década de 70 já era produzido no Brasil e exportado para a Europa. Também no Japão, Estados Unidos entre outros países havia grande aceitabilidade desse produto (MARINO, 1986).

A acerola pode ser utilizada para fabricação de sucos (integral, concentrado e desidratado), refrigerante, bombons, gomas de mascar, geléias, cápsulas, néctares, compotas, misturas de sucos de frutas, bebidas esportivas, pílulas vitamínicas e sorvetes contendo vitamina C natural. A possibilidade de aplicações é ilimitada e a matéria prima está disponível a custos favoráveis (KORGO, 1996).

3.1.2 Produção e mercado

Embora as receitas com a produção de acerola não sejam ainda muito representativas em valor absoluto, em 2004 a sua produtividade média foi de 24,43 ton/ha (Agriannual, 2005). A acerola é uma das principais frutas tropicais que têm uma grande importância comercial no Brasil (ASSIS et al., 2000).

Os japoneses comercializaram um tipo de suco clarificado de acerola com o argumento de “vitamina natural”. Os alemães, principais consumidores europeus, compram o fruto como ingrediente para adicionar às marmeladas e geléias,

vendidas nas lojas de produtos dietéticos. Os franceses têm enriquecido sucos de laranja e iogurtes, inseridos no filão de “produtos para a saúde” conforme Bensimon (1991) citado por Figueiredo (1998).

Os primeiros plantios comerciais de acerola no Brasil foram instalados na década de 80, amparados pelo mercado japonês que absorvia a produção de polpas e frutos congelados, de tal forma que despertou o interesse pela fruta no mercado nacional que passou a desejá-la avidamente, ao ponto de pagar um preço até três vezes mais caro que o mercado externo (GAYET, 1995). De acordo com Lucas (1993), o consumidor brasileiro tornou-se mais consciente da importância dos alimentos naturais para a saúde humana, o que tem contribuído para fortalecer e difundir o consumo da acerola.

Muitos produtores plantaram acerola sem levar em consideração a real situação das possibilidades do mercado, criando uma situação de super-oferta e tornando essa cultura deficitária, como se encontrava em fevereiro de 1995. Com 2.804 ha plantados de acerola em 1995, produzindo 23.000 toneladas de frutas frescas, com perdas de 30%. Desse montante, 85% destinaram-se ao mercado interno e 15% ao mercado externo (BLISKA & LEITE, 1995).

Os principais problemas no setor da acerola são a elevada perecibilidade dos frutos após a colheita e durante o processo de comercialização; a necessidade da preservação das características organolépticas tanto da fruta “in natura” como de seus derivados durante o período de armazenamento e a ausência de padronização de tais produtos (BLISKA & LEITE, 1995).

3.1.3 Aspectos nutricionais

A acerola é conhecida pelo seu valor nutritivo decorrente do alto teor de vitamina C, que é de 30 a 40 vezes superior ao da laranja. Sendo de origem natural, a vitamina C da acerola é completamente absorvida pelo organismo, diferentemente das vitaminas artificiais que são apenas parcialmente (50%) aproveitadas (GAYET, 1995; ARAÚJO & MINANI, 1994).

Na Tabela 1 são apresentados valores de ácido ascórbico (vitamina C) de algumas frutas, adaptado de Silva (2000) e de Figueiredo (1998).

Tabela 1. Concentração de ácido ascórbico em algumas frutas

Frutas	Ácido ascórbico (mg/100g)
Abacate	15,0
Abacaxi	27,2
Acerola	1.000 – 4.676
Amora	210,0
Banana	10,0
Camu-camu	2.000 – 5.000
Cabeludinha	706 – 2.417
Caju	147 – 548
Goiaba	30 – 486
Laranja	37 – 80
Limão	23 – 60
Manga	30 – 147
Mamão	36 – 109
Melão	12,5 – 58,7
Melancia	9,0
Morango	41 – 81
Pêssego	18,7 – 26,8
Tangerina	15 - 56

Miller et al. (1961) citado por Tocchini et al. (1995) analisaram a composição da acerola cujos resultados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição da acerola em 100g de polpa

Composição		Minerais		Vitaminas	
Umidade	91,10g	Cálcio	8,7mg	Caroteno	0,408mg
Proteína	0,63g			Tiamina	0,028mg
Extrato etéreo	0,19g	Fósforo	16,2mg	Riboflavina	0,079mg
Fibras	0,60g			Niacina	0,034mg
Cinzas	0,45g	Ferro	0,7mg	Ácido Ascórbico	2,329mg
Carboidratos	6,98g				

Righetto e Netto (2000) verificaram ser o ácido ascórbico o principal ácido presente na acerola, seguido do ácido málico e do tartárico. Identificou-se também pequenas quantidades de ácido cítrico na acerola verde, e quantidades ainda menores no suco de acerola madura.

No campo da saúde, a acerola é particularmente indicada nos casos de escorbuto, como preventivo e curativo e como coadjuvante nas anorexias de várias causas, restrições dietoterápicas prolongadas, infecções de longa duração, gripes, resfriados, lesões hepáticas, afecções pancreáticas, dispepsia, vômitos insidiosos, úlceras do trato digestivo, nas alterações do mecanismo da coagulação sanguínea, nas hemorragias capilares, estados de intoxicação por antibióticos e também para o tratamento de pessoas com câncer (MARINO, 1986). O consumo diário de 2 a 4 acerolas é suficiente para atender às necessidades normais do organismo humano (MARINO, 1986; BLISKA & LEITE, 1995).

É indicado nas dietas de gestantes, das lactantes, das crianças e dos jovens em fase de crescimento bem como nas das pessoas idosas ou em processo de desgaste físico intenso, por ser um ativador indispensável em todo o metabolismo celular (TOCCHINI et al., 1985).

A acerola é também excelente fonte de carotenóides. O potencial vitamínico deste pigmento e sua possível associação com o processo de carcinogênese tem despertado grande interesse na química e na estabilidade dos carotenóides em alimentos. Além disso, conferem importante papel tecnológico, junto com as antocianinas, como corante natural (AGOSTINI-COSTA et al., 2001).

Na acerola, é encontrado, além da vitamina C, também vitaminas do complexo B, beta-caroteno e minerais (AGUIAR et al., 2000).

As antocianinas são intensificadoras de pigmentos solúveis em água como corantes azul, vermelho e laranja. Esse pigmento é responsável pela cor da uva, morango e framboesa (GIESE, 1995).

Em estudo sobre o efeito do congelamento da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides e antocianinas, Agostini-Costa et al. (2001) verificaram que a polpa fresca apresentou 1.262 U.I./100g, correspondendo a 25% das necessidades diárias de vitamina A/100g polpa (um copo de suco). Após congelamento, este potencial vitamínico não apresentou perda significativa até o sexto mês de estocagem: após este período o teor de vitamina foi reduzido em 70% e então mantido.

Vendramini e Trugo (2000) analisaram a composição da acerola em 3 estádios de maturação (Tabela 3).

Tabela 3. Característica da acerola em diferentes estádios de maturação

Composição	Estado de maturação		
	Verde	Amarela (intermediária)	Vermelha (madura)
Umidade (g/100g)	91,0	92,4	92,4
Proteína (g/100g)	1,2	0,9	0,9
Cinzas (g/100g)	0,4	0,4	0,4
Ácido ascórbico (mg/100g)	2.164	1.065	1.074
PH	3,7	3,6	3,7
Sólidos solúveis	7,8	7,7	9,2
Açúcares redutores	3,3	4,2	4,4
Acidez (mL de NaOH 0,1N/100g)	18,2	15,6	34,4

3.1.4 Botânica

A aceroleira é um arbusto glabro, de tamanho médio (2 a 3 metros de altura) com ramos densos. As folhas são opostas, de pecíolo curto, ovalada e elíptica, lanceonadas, com 2,5 a 7,5 cm de comprimento com a base e o ápice

principalmente agudos; são inteiras, verde-escuras e brilhantes na parte superior e verde-pálidas no lado inferior da folha. As flores são dispostas em pequenas cimeiras ascilares pedunculadas, de três a cinco flores perfeitas, como 1 a 2 cm de diâmetro de cor rosa esbranquiçada e vermelha; o cálice tem seis a dez sépalas ceseis, a corola é composta de cinco pétalas franjadas ou irregulares dentadas, com garras finas; há dez estames, todos perfeitos, como os filamentos unidos embaixo. Os frutos variam em tamanho, forma e peso. A forma pode ser oval e subglobosa e o tamanho varia de 2 a 10 gramas. Quanto à cor, o fruto apresenta tonalidades diferentes: verde, quando em desenvolvimento, passando a amarelo e finalmente vermelho escuro quando bem maduro (Figura 1). O fruto apresenta normalmente três sementes e um suco avermelhado. A polpa representa 80% do peso do fruto (MARINO, 1986).



Figura 1. Fruto de acerola madura na planta

Fonte: http://www.fotografos.com.br/users/olivino/normal_66125_photo.jpg

A aceroleira desenvolve-se melhor em temperaturas médias de 26°C, com chuvas variando de 1200 a 1600 mm. Chuvas excessivas provocam formação de frutos aquosos, menos ricos em açúcares e em vitamina C (KAWATI, 1995 e ALVES e MENEZES, 1995).

A frutificação inicia-se, em média, a partir de dois anos do plantio, nas regiões mais quentes do estado de São Paulo, o período vai de outubro à

maio. Nas regiões de clima mais ameno, o período de colheita reduz-se para 4 a 6 meses (KAWATI, 1995).

3.2 Vitamina C

As vitaminas são substâncias orgânicas de pequeno peso molecular, que agem em pequenas doses, sem qualquer valor energético intrínseco; 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 & LEQUEU, 1995).

Desde as experiências fundamentais de Lavoiser, no século XVIII, até os estudos de Funk, um período de hipóteses, de investigações experimentais e observações clínicas imperou por etapas, até chegar ao ano de 1920, encerrando-se assim, o que poderia denominar o primeiro ciclo das investigações vitaminológicas (FRANCO, 1992). A descoberta do ácido ascórbico (vitamina C) foi originada dos estudos realizados para detectar a substância existente nas frutas e verduras, que impedia a proliferação do escorbuto entre os marinheiros em longas viagens. Durante as aventuras transoceânicas, os homens do mar alimentavam-se de carne de charque bovina ou de porco, com pão e rum. Não havia em sua dieta frutas e verduras. Dentro deste contexto surgia o escorbuto comprometendo as articulações e provocando inflamações das gengivas, perdas dos dentes e hemorragias causadas pelo rompimento das paredes dos vasos sanguíneos, o sistema imunológico deteriorava-se e o indivíduo morria (PAULING, 1988).

Durante vários anos tentou-se isolar a vitamina C na forma pura. Foi o médico Albert Szentgyorgyi que, em 1928, conseguiu isolar esta vitamina, dando-lhe o nome de ácido hexurônico e descreveu que sua fórmula era $C_6H_8O_6$. Em 1932, o isolamento da vitamina C em forma pura cristalina foi conseguida independentemente por dois grupos de pesquisadores. A estrutura química foi identificada e o produto sintetizado sob a forma fisiologicamente ativa pouco depois; em 1938 o ácido ascórbico foi oficialmente aceito com o nome químico da vitamina C. Ele ocorre naturalmente em alimentos sob duas formas: a forma reduzida (geralmente designada ácido ascórbico) e a forma oxidada (ácido dehidroascórbico) (Figura 2). Ambos são fisiologicamente ativos

e são encontrados nos tecidos orgânicos. Uma nova oxidação do ácido dehidroascórbico para ácido dicetogulônico produz uma inativação irreversível da vitamina (ANDERSON et al., 1988).

A denominação de ácido ascórbico foi atribuída para referir-se à sua função na prevenção do escorbuto. O termo vitamina C deve ser utilizado como descrição genérica para todos os compostos que exibem atividade biológica qualitativa de ácido ascórbico (MARCUS & COULSON, 1991).

A vitamina C atua no interior do corpo humano em ambos os lados da reação de óxido-redução. Quando se oxida forma o ácido dehidroascórbico pela retirada, por agentes oxidantes, de dois átomos de hidrogênio. Reduz-se pelo acréscimo de dois átomos de hidrogênio, formando novamente o ácido ascórbico (PAULING, 1988).

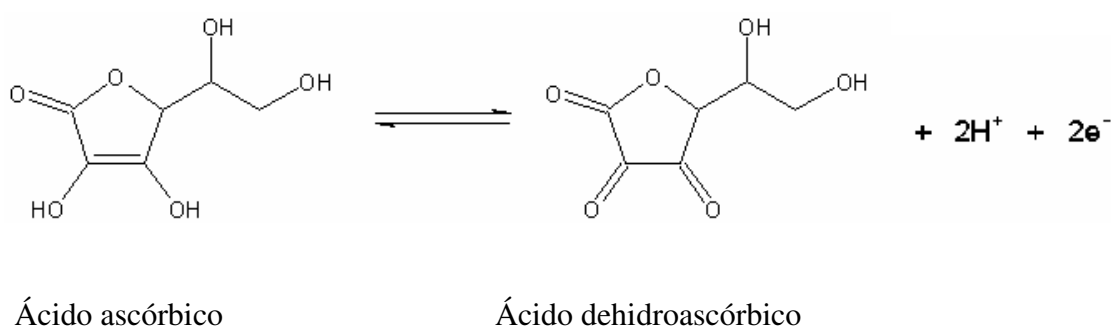


Figura 2. Estrutura química da vitamina C

O homem e outros primatas, bem como as cobaias e alguns morcegos, são os únicos mamíferos conhecidos, incapazes de sintetizar o ácido ascórbico devido à ausência da enzima hepática L-gulonolactona-oxidase, que cataliza a conversão da L-gulonolactona em ácido ascórbico, em consequência disto, necessitam de vitamina C dietética para prevenção do escorbuto (MARCUS & COULSTON, 1991). Segundo o RDA (Recommended Dietary Allowances), a cota dietética recomendada de vitamina C para homens adultos é 90 mg/dia e para mulheres é de 75 mg/dia (DRI, 2000).

A vitamina C participa de diversos processos metabólicos, dentre eles a formação do colágeno síntese da epinefrina, cortiesteróides e ácidos biliares.

Além de co-fator enzimático, participa dos processos de óxido-redução, aumentando a absorção de ferro e a inativação de radicais livres (PADH, 1991).

A vitamina C é essencial para seres humanos, agindo como antioxidante, varredor de radicais livres e nutrindo as células, protegendo-as de danos causados pelos oxidantes, da mesma forma que o alfa-tocoferol e beta-caroteno (PADH, 1991). Em humanos, vários fatores podem regular a biodisponibilidade do ácido ascórbico para os tecidos: o consumo dietético, sua ligação a uma proteína do soro ou no plasma e a forma em que se encontra (DHARIWAL et al., 1991).

A vitamina C participa na hidroxilação da prolina para formar hidroxiprolina na síntese do colágeno e para a integridade do tecido conjuntivo, das cartilagens, da matriz óssea, da dentina, da pele e dos tendões. Está também envolvida na cicatrização, fraturas, contusões, hemorragias puntiformes e sangramentos gengivais. Também reduz a suscetibilidade às infecções (JACOB, 1988).

O ácido ascórbico acelera a absorção intestinal dos íons de ferro e sua mobilização influencia sua distribuição dentro do organismo (GUILLAND & LEQUEU, 1995).

Efeitos de uma hipervitaminose C têm sido relatados. O mais notável é a diarreia, provavelmente determinada pelo carreamento de grande quantidade de água para o interior do intestino. Podem acontecer ainda, náuseas, vômitos, um aumento da absorção do ferro e um problema potencial do rim e da bexiga, em razão do aumento de suas excreções, porque o ácido ascórbico é parcialmente convertido em ácido oxálico, podendo com isso induzir à litíase oxálica (GUILLAND, 1992).

O excesso de ácido 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, mas evidências atuais mostram que a ingestão maciça de vitamina C (9g/dia) produz somente um pequeno aumento na excreção urinária de oxalato e nenhuma alteração no urato ou fosfato inorgânico (MAHAN & ARLIN, 1995).

Quanto a sua carência, os primeiros sinais de hipovitaminose C podem iniciar-se durante o primeiro mês de privação, dependendo da taxa de catabolismo. A deficiência grave surge após os níveis séricos terem caído abaixo de 0,2 mg por 100 mL (MAHAN & ARLIN, 1995).

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 pressão 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 (GUILLAND & LEQUEU, 1995).

Devido à grande disponibilidade, as frutas são fontes muito importantes de vitamina C na dieta alimentar. Entretanto, a sazonalidade da produção, a perecibilidade e as perdas ocasionadas pelas condições climáticas, pela colheita e pelas condições de estocagem pós-colheita das frutas, têm estimulado a produção de polpas e sucos (MOSER e BENDICH, 1991; VIEIRA et al., 2000; MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2002; AMARO 2002; SANTOS, 2004).

A importância nutricional dos sucos de fruta tem motivado a realização de estudos que visam estimar o comportamento da vitamina C durante a estocagem (NAGY, 1980). Nesse sentido, o ácido ascórbico tem sido usado como um importante marcador indicador da qualidade de sucos de fruta (LEE e CHEN, 1998; LEE e COATES, 1999; MANSO et al., 2001).

3.2.1 Degradação da vitamina C em suco de fruta

Diversos fatores podem estar associados à perda de vitamina C em suco de fruta. A perda de vitamina C vai depender do tipo de processamento, das condições de estocagem, da embalagem e de características inerentes ao suco (LEE e CHEN, 1998; LEE e COATES, 1999; ARENA et al, 2001; TANNEBAUM et al., 1985, citados por ZERDIN et al., 2003).

3.2.1.1 Rotas de degradação da vitamina C

As reações de degradação da vitamina C em sucos de fruta são predominantemente de natureza não-enzimática, e podem seguir dois caminhos consecutivos e/ou paralelos: aeróbico e anaeróbico (LEE e COATES, 1999; KENNEDY et al., 1992; KENAWI et al., 1994; GREGORY, 1996; SADLER et al., 1997; TAWFIK

e HUYGHEBAERT, 1998, citados por POLYDERA et al., 2005), embora alguns autores relatem que os mecanismos envolvidos na degradação desta vitamina ainda não estejam totalmente esclarecidos (TANNENBAUM et al., 1985; MANSO et al., 2001). Em sucos não processados, também pode ocorrer degradação do ácido ascórbico pela oxidação enzimática (LEE e COATES, 1999; KENNEDY et al., 1992; KENAWI et al., 1994; GREGORY, 1996; SADLER et al., 1997; TAWFIK e HUYGHEBAERT, 1998, citados por POLYDERA et al., 2005).

Em condições aeróbicas, o ácido ascórbico é transformado em ácido dehidroascórbico que passa a ácido 2,3-dicetogulônico produzindo, finalmente, hidroxifurfural (NAGY, 1980; KENNEDY et al., 1992; SHAW et al., 1993; SADLER et al., 1997, citados por POLYDERA et al., 2005). O hidroximetilfurfural (HMF) também é produzido, e pode ser originado da reação da degradação do ácido ascórbico e/ou de açúcares com aminoácidos, levando à formação de compostos escuros que são responsáveis pelo escurecimento do suco (*browning*) (SHAW et al., 1993; SOLOMON et al., 1995; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

Em condições anaeróbicas, o ácido ascórbico decompõe-se em ácido 2,5-dihidro-2-furanóico que passa a dióxido de carbono e furfural. O furfural sofre polimerização como um aldeído ativo e pode se combinar com aminoácidos contribuindo, também, para o escurecimento do suco (SHAW, 1993; SOLOMON et al., 1995).

A decomposição do ácido ascórbico tem sido relatada como a reação mais deteriorativa que ocorre durante estocagem de suco de acerola. Compostos indesejáveis da degradação do ácido ascórbico como furfural e HMF têm sido altamente correlacionados com o escurecimento de sucos de fruta levando, ainda, à deterioração do sabor e da qualidade, aliada à redução da vida-de-prateleira e à perda do valor nutricional (ROBERTSON e SAMANIEGO, 1986; KENNEDY et al., 1992; SOLOMON et al, 1995; BUEDO et al., 1991).

3.2.2 Fatores que contribuem para a degradação de vitamina C

Os principais fatores que podem afetar a degradação da vitamina C em sucos de fruta incluem o tipo de processamento, condições de estocagem, tipo de

embalagem, oxigênio, luz, catalisadores metálicos, enzimas, pH. Alguns autores também relatam a influência da concentração de sais e de açúcar, concentração inicial de ácido ascórbico e a carga microbiana (TANNEBAUM et al., 1985; LEE e CHEN, 1998; LEE e COATES, 1999).

3.3 Conservação de alimentos pelo controle da umidade

A secagem foi um dos primeiros métodos de preservação de alimentos utilizados pelo homem. As vantagens de sua utilização são diversas, podendo-se citar algumas: redução do peso e volume do produto, muito importantes na diminuição dos custos de transporte, embalagem e armazenamento; com a diminuição da atividade de água prolonga-se a vida-de-prateleira do produto, inibindo a presença de microorganismos e conseqüentes reações enzimáticas. (SCHULER e SCHULER, 1973).

A remoção total ou parcial da água do alimento é o princípio do método de conservação pelo controle da umidade. Esta eliminação da água pode ser efetuada de várias maneiras, segundo Camargo et al. (1984): por secagem natural, por salga, pelo uso de açúcar e por secagem artificial ou desidratação.

O processo de secagem artificial pode ser efetuado por vaporização térmica e por sublimação (liofilização). Essa secagem, por ser um processo artificial, permite o controle de diversos parâmetros, entre eles a umidade e a temperatura. Além disso, essa secagem requer menor área de processo (RIEDEL, 1987).

Segundo Travaglini et al. (1999), os secadores mais utilizados industrialmente são: secadores de esteiras, secadores pneumáticos (*flash dryers*), de torre de secagem por atomização (*spray dryers*), secadores de leite fluidizado, secador de cilindro rotativo, secadores a vácuo (nesta classe encontram-se os liofilizadores) e secadores por microondas. Os fatores condicionantes para a escolha do tipo de secador a ser utilizado incluem a natureza do produto, as condições de operação e fatores econômicos.

Nos últimos anos observa-se um aumento na utilização de alimentos desidratados, especialmente na área de formulados como alimentos para recém-nascidos, produtos de panificação e confeitaria e ingredientes para sorvetes.

Verifica-se o mesmo na área farmacológica, na qual existem indústrias farmacêuticas por exemplo, produzindo e comercializando pastilhas auxiliares para digestão cuja composição é exclusivamente de polpa liofilizada de mamão (GÓES, 1981).

3.3.1 Desidratação por atomização, aspersão ou *spray dryer*

Segundo Gava (1978), a desidratação que utiliza calor artificial é função do tempo, da temperatura e da ventilação, que são parâmetros que devem ser cuidadosamente controlados. Entre os veículos de transferência de calor, o ar é um dos mais utilizados, devido a sua abundância, conveniência e porque seu controle no aquecimento do alimento não apresenta maiores problemas. Quando se usa o ar, não é necessário nenhum sistema de recuperação de umidade como é o caso de outros gases. O ar conduz calor ao produto, provocando a evaporação da água, sendo também o veículo do vapor úmido liberado do alimento. Necessita-se de 5 a 7 vezes mais ar para conduzir o calor ao produto do que para transportar o vapor removido. O volume de ar necessário para evaporar uma determinada massa de água dependerá da temperatura. A velocidade do ar é também uma dependente da natureza do produto. A velocidade de evaporação da água no produto, além da velocidade do ar, é diretamente proporcional à área superficial e porosidade do produto.

Gava (1978) classifica os tipos de desidratadores em adiabáticos e de transferência de calor por superfície sólida. Os desidratadores do tipo *spray dryer* ou atomizadores são do primeiro tipo, no qual o calor é conduzido por meio de ar quente. Esse grupo inclui também os secadores de cabine, túnel, leito fluidizado, fornos, *flash dryer*, *puff dryer* e *foam mat dryer*. O mesmo autor descreve os atomizadores como equipamentos nos quais a secagem se faz por pulverização em processo contínuo e nos quais um líquido ou pasta é transformado em produto seco, caracterizando-se pelo tempo de secagem relativamente mais curto que nos outros secadores. O processo consiste basicamente na atomização do líquido em um compartimento que recebe um fluxo de ar quente. A rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de secagem não afete

demasiadamente o produto. O *spray dryer* é utilizado na indústria alimentícia para elaboração de leite em pó, café solúvel, sucos de frutas desidratados, entre outros. A Figura 3 ilustra o esquema de funcionamento do *spray dryer*.

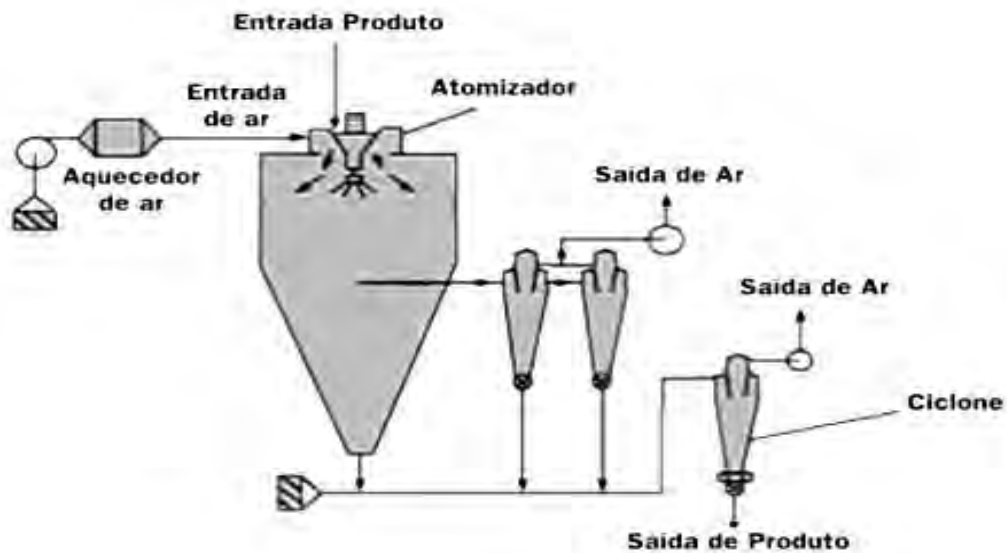


Figura 3. Esquema de funcionamento de *spray dryer*

Fonte: <http://www.process-heating.com/PH/FILES/IMAGES/9442.gif>

Segundo Domingues et al. (2002), uma desidratação por atomização quando bem conduzida gera um produto de maior valor nutritivo, estável e também versátil em sua utilização, podendo ser utilizado como aromatizante, corante, edulcorante, vitaminas, minerais, acidulantes e temperos em formulações alimentícias. As propriedades físicas relacionadas com a qualidade dos produtos obtidos são influenciadas pelas condições operacionais do secador e características da suspensão de alimentação (MASTERS, 1979). Segundo Gava (1978), a atomização está baseada em quatro fases:

- atomização do líquido;
- contato do líquido com o ar quente;
- evaporação da água;
- separação do produto em pó do ar de secagem.

O autor complementa ainda que a pulverização do líquido na câmara de secagem pode ser feita por discos ou bicos atomizadores (Figura 4). No primeiro caso (sistema centrífugo) um disco ranhurado girando a alta velocidade pulveriza o líquido e projeta as gotículas de maneira radial ao fluxo de ar quente que entra pelo dispersor de ar situado na parte superior da câmara. A câmara, normalmente, tem forma cilíndrica na sua parte superior e cônica na sua parte inferior. A atomização através de bicos especiais pode ser feita por bombas de alta pressão ou por sistemas pneumáticos (ar comprimido). O aquecimento do ar pode ser realizado por contato indireto, como em tubulações aletadas aquecidas por vapor, óleo ou sistema elétrico ou pela queima direta de gás, óleo ou outro combustível. A forma como o ar quente entra em contato com o líquido atomizado é muito importante para definir as características do pó final.



Figura 4. Bicos atomizadores

Fonte: http://www.process-heating.com/CDA/Articles/Drying_Files

Gava (1978) explica que o fluxo de ar quente é normalmente introduzido na câmara através do dispersor de ar localizado na parte superior da mesma. O líquido pulverizado pode ter o mesmo fluxo do ar quente (fluxo paralelo) ocorrendo, neste caso, um contato do produto mais úmido com o ar mais quente, sendo que esse sistema tem sido usado para produtos mais sensíveis ao calor. No fluxo em contracorrente o líquido é pulverizado em posição oposta à entrada de ar quente, ocorrendo contato da partícula mais seca com o ar mais quente. Tal sistema utiliza eficientemente o calor, sendo indicado para produtos menos termossensíveis. Alguns atomizadores usam o sistema misto, que combina os dois tipos citados anteriormente.

Quando o ar quente, em temperaturas que variam de 180 a 230°C, entra em contato com a partícula úmida, ocorre a desidratação quase instantânea da gotícula e há evaporação da água na câmara de secagem, na forma de névoa. O ar de secagem sai pela parte inferior do equipamento em temperatura que pode variar de 60 a 100°C, passando por ciclones para recuperar as partículas finas através da força de gravidade e permitindo a saída do ar limpo para a atmosfera através de chaminés. A construção da câmara e as condições de trabalho são ajustadas de modo a permitir a evaporação da água, sem elevar demasiadamente a temperatura do produto. A separação do produto seco do ar da secagem tem grande influência sobre as características do pó final, devido ao manuseio mecânico usado nesta etapa. O excessivo manuseio mecânico resulta em pó mais fino (DAIUTO e CEREDA, 2003).

3.4 Microencapsulação

A microencapsulação é um processo físico no qual pequenas partículas sólidas, gotículas de líquidos ou gases, denominadas “material ativo ou núcleo” são envolvidas por um material também chamado “material de parede” ou “agente encapsulante”. O processo permite preservar uma substância em estado finamente dividido, liberando-a sob condições específicas (JACKSON e LEE, 1991; SPARKS, 1985; TODD, 1970).

A encapsulação de substâncias sensíveis possibilita protegê-las contra a evaporação, oxidação e reações químicas. Tratando-se de compostos de aroma, a microencapsulação preserva o perfil sensorial do produto até que ele seja utilizado, assegurando alta qualidade e valor comercial (HEGENBART, 1993).

Pode-se dizer que a microencapsulação teve início com a criação da célula viva. As membranas (ou cápsulas) naturais apresentam uma grande eficiência em suas funções de proteção do material recoberto e do controle do fluxo de material através delas (controlam a perda de água, regulam a transferência de gases, etc). Devido a essa proteção externa, as sementes de plantas e esporos de bactérias permanecem viáveis por períodos superiores a 100 anos. A casca do ovo de uma ave, por exemplo,

consiste de uma parede protetora, suficientemente grossa, de modo a possibilitar o máximo de proteção no decorrer do período de incubação, e fina o suficiente para permitir que seja quebrada ao final desse período (VANDEGAER, 1973; BALASSA & FANGER, 1971).

As microcápsulas criadas pelo homem assemelham-se às naturais, consistindo de um filme externo, e de um núcleo composto de material sólido ou líquido, que é o material que se pretende proteger. Pode-se dizer que, comparadas às embalagens convencionais, são “microembalagens” (ARSHADY, 1993).

Desde 1930, têm sido feitas pesquisas com a microencapsulação. No ano de 1950, nos Estados Unidos, o Instituto de Pesquisa do Sudoeste executou pesquisas para fins militares, produzindo microcápsulas de gasolina com diâmetro inferior a 5 μm . A pesquisa tinha como objetivo reduzir a inflamabilidade e permitir a estocagem mais fácil. Também na década de 50 tiveram início as primeiras pesquisas na área da produção de medicamentos, quando foram elaborados medicamentos na forma de pílulas e tabletes (DZIEZAK, 1988).

Em 1954 a microencapsulação foi utilizada pela primeira vez, na elaboração de papel sem carbono para uso em copiadoras. Foram depositadas microcápsulas de uma tinta (sem cor), sobre uma camada delgada em uma folha de papel e sobre essas cápsulas foi feita uma cobertura com um reagente também sem cor. A partir do momento que se exercia pressão com a ponta do lápis ou da pena, rompiam-se as microcápsulas da tinta que, ao ser liberada, entrava em contato com reagente produzindo uma imagem colorida (SPARKS, 1985).

Na indústria de alimentos, a microencapsulação teve início quando se patenteou um processo de preparação de concentrados de óleo no estado sólido (ARSHADY, 1993).

Uma diferença entre encapsulação e uma simples cobertura é que a camada exterior da microcápsula deve cobrir, por completo, a partícula do ingrediente ativo. A encapsulação requer um filme contínuo, ininterrupto, pois se alguma partícula ficar exposta, ela começa imediatamente a reagir. Uma cobertura simples pode cobrir apenas 10% do núcleo (HEGENBART, 1993). Segundo este mesmo autor a microencapsulação deve promover as seguintes funções para um ingrediente, mantendo a sua eficiência reativa em relação ao meio externo:

- proteção contra luz, temperatura, umidade e oxigênio;
- redução da taxa de transferência de massa;
- promoção de uma fácil manipulação do núcleo através da diminuição da higroscopicidade, de modo a manter o escoamento constante; posicionamento do núcleo mais uniforme em uma mistura, em função de seu diâmetro, quando usado em pequenas quantidades e manutenção da integridade da estrutura;
- liberação controlada e gradativa sob condições de pH, calor ou mastigação;
- facilidade de manuseio e estocagem do ingrediente líquido;
- retenção de compostos voláteis de sabor e aroma, para liberação sob condições pré-definidas.

3.5 Desidratação do suco de acerola

A desidratação, além de ser utilizada como um método de conservação, impedindo a deterioração e perda do valor comercial, objetiva também o refinamento do alimento, tendo-se como consequência a oferta de um novo produto no mercado, com benefícios monetários que derivam da transformação do produto (UNIFEM citado por SOARES et al., 2001).

Uma alternativa para a preservação da acerola é a sua desidratação pelo processo de atomização (*spray drying*) que permite a obtenção de polpa de acerola desidratada com elevado teor de vitamina C, a qual poderá ser utilizada na elaboração de suco ou como componente de formulações para o desenvolvimento de produtos na área alimentícia e farmacêutica (NOGUEIRA; SILVA, 1995).

A desidratação é um recurso tecnológico, que consiste basicamente na remoção da maior parte da água do vegetal, propiciando considerável prolongamento da vida útil desses alimentos, além de facilitar o manuseio, o transporte, a estocagem e o preparo pelo consumidor final (AGUIRRE; GASPARINO, 2000).

O suco de acerola desidratado a menos de 1% de umidade e, o pó obtido contém entre 10 e 30% de vitamina C, sendo bastante higroscópico. O pó de acerola deve ser armazenado em atmosfera seca (5 a 10% de umidade relativa), podendo

ser armazenado por 12 meses à temperatura ambiente com perdas de vitamina C inferiores a 5% (GOMEZ et al., 1999).

De acordo com Aguirre et al. (2000), o produto acondicionado em embalagem aluminizada e estocado sob condições ambientes apresentou boa estabilidade quanto à cor e ao teor de vitamina C; após 6 meses as perdas verificadas para as ambas características foram da ordem de 10%.

Pitombo e Cantelmo (2000) estudaram os efeitos de armazenamento em diferentes umidades relativas e temperatura sobre os compostos voláteis e vitamina C no suco de acerola liofilizado. O conteúdo de vitamina C diminuiu com o aumento da temperatura e da atividade de água. Para a atividade de água a partir de 0,7 a perda de vitamina C é mais acentuada. O aumento da umidade relativa foi mais determinante do que o aumento da temperatura para a perda de compostos voláteis.

Soares et al. (2001) observaram que logo após a desidratação da polpa de acerola pelo processo “*foam-mat*”, o valor de vitamina C inicial era de 16,34%. Após 3 meses de estocagem, em sacos metalizados a temperatura ambiente, esse valor decresceu para 11,32%.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado nas dependências da filial da Anidro do Brasil Extrações Ltda., no município de Botucatu – SP (Figura 5).



Figura 5. Vista aérea da filial Anidro do Brasil Extracções Ltda., Botucatu – SP

4.1 Material

4.1.1 Matéria-prima

Foi utilizado, neste estudo, suco de acerola verde clarificado concentrado orgânico, oriundo da Nutriorgânica Agroindústria (Fazenda Amway Nutrilite do Brasil), de Ubajara – CE.

4.1.2 Material de parede

Como material de parede (agente encapsulante) foi utilizada maltodextrina orgânica, oriunda da Corn Products.

4.2 Métodos

4.2.1 Processamento para obtenção de suco de acerola microencapsulado

Na Figura 6 está ilustrado o fluxograma das etapas do processamento para obtenção do extrato seco de acerola microencapsulado em escala produtiva.

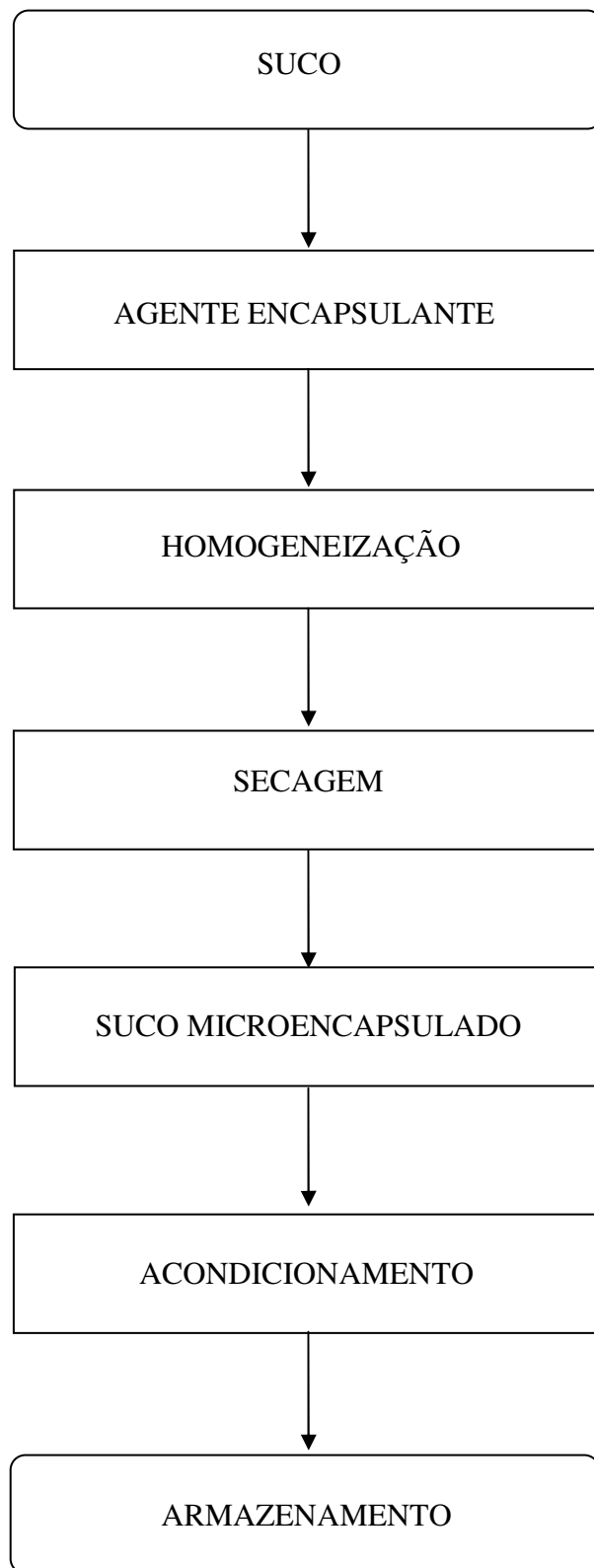


Figura 6. Fluxograma de processamento do suco de acerola microencapsulado

O processamento do material para secagem em escala produtiva consistiu da mistura do suco de acerola verde clarificado concentrado orgânico com a maltodextrina orgânica, homogeneização e imediata secagem em *spray dryer* da marca Niro Atomizer, modelo “F-10”, com capacidade de evaporação de aproximadamente 220 kg de água/h.

O sistema de atomização do suco na câmara de secagem foi feito por disco rotativo operando a 50.000 rpm. As condições de operação usadas foram: 320 kg suco/hora e temperatura do ar de secagem de 180 e 85°C respectivamente, na entrada e saída do secador.

Amostras do suco microencapsulado obtidas foram separadas para análises química e físico-químicas.

4.2.2 Análises química e físico-químicas do suco

4.2.2.1 pH

Medido em potenciômetro da marca Marconi, modelo PA200, calibrado com soluções-tampão para pH 4 e 7, segundo método nº 13.010 da A.O.A.C. (1984).

4.2.2.2 Sólidos solúveis (°Brix)

Medidos através de leitura direta em refratômetro digital da marca Reichert, modelo AR200, com correção de leitura de acordo com a temperatura.

4.2.2.3 Sólidos totais

Secagem em estufa a 110 °C até peso constante, segundo método nº 22.018 da A.O.A.C. (1984).

4.2.2.4 Umidade

Medida em uma balança de determinação de umidade por infravermelho, da marca Gehaka, modelo IV2000, submetendo-se a amostra à temperatura de 120°C até peso constante.

4.2.2.5 Ácido ascórbico

Foi determinado por CLAE (Cromatografia Líquida de Alta Eficiência), segundo método proposto por Nollet, L.M. (1992), modificado, para a realização deste trabalho.

4.2.2.5.1 Determinação de ácido ascórbico por CLAE

4.2.2.5.1.1 Padrão

O padrão utilizado para a construção da curva-padrão de ácido ascórbico foi USP Reference Standard, lote Q0B012.

O padrão foi solubilizado em água ultrapura, imediatamente filtrado e aplicado.

4.2.2.5.1.2 Curva-padrão

A concentração do padrão de ácido ascórbico foi determinada a partir da absorbância máxima, aplicando-se a Lei de Beer. A curva de calibração foi construída com cinco concentrações diferentes, em triplicata.

As concentrações de ácido ascórbico do suco de acerola, mistura e suco microencapsulado foram calculadas utilizando a relação área e concentração obtida para o padrão. Soluções contendo os pontos centrais da curva-padrão foram injetadas nos mesmos dias em que as amostras foram quantificadas, submetendo-as, conseqüentemente, às mesmas condições de análise por CLAE.

Na Figura 7 está ilustrada a curva-padrão do ácido ascórbico.

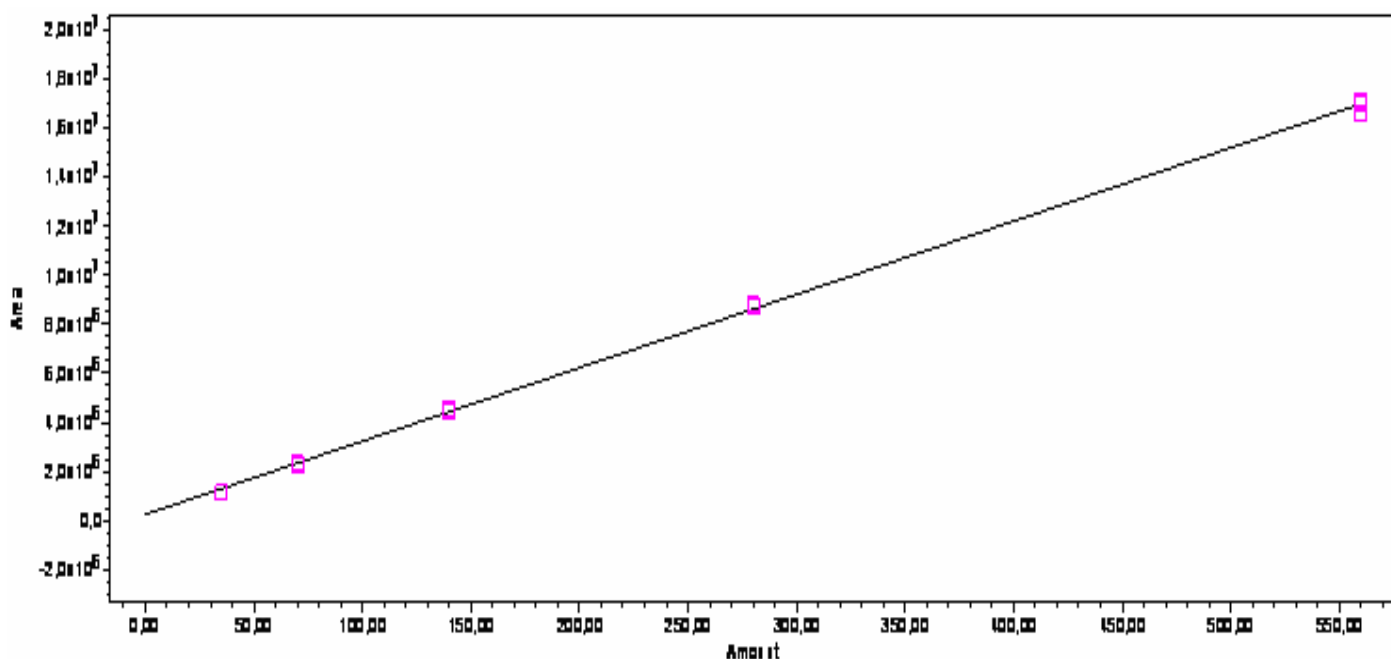


Figura 7. Curva-padrão o ácido ascórbico.

Dados: a) equação da reta: $Y = 2,99 \times 10^4 X - 2,53 \times 10^5$

b) linearidade: $R^2 = 0,999288$

A Figura 8 ilustra o cromatograma do padrão de ácido ascórbico, seu espectro de ultravioleta e análise de pureza do pico cromatográfico.

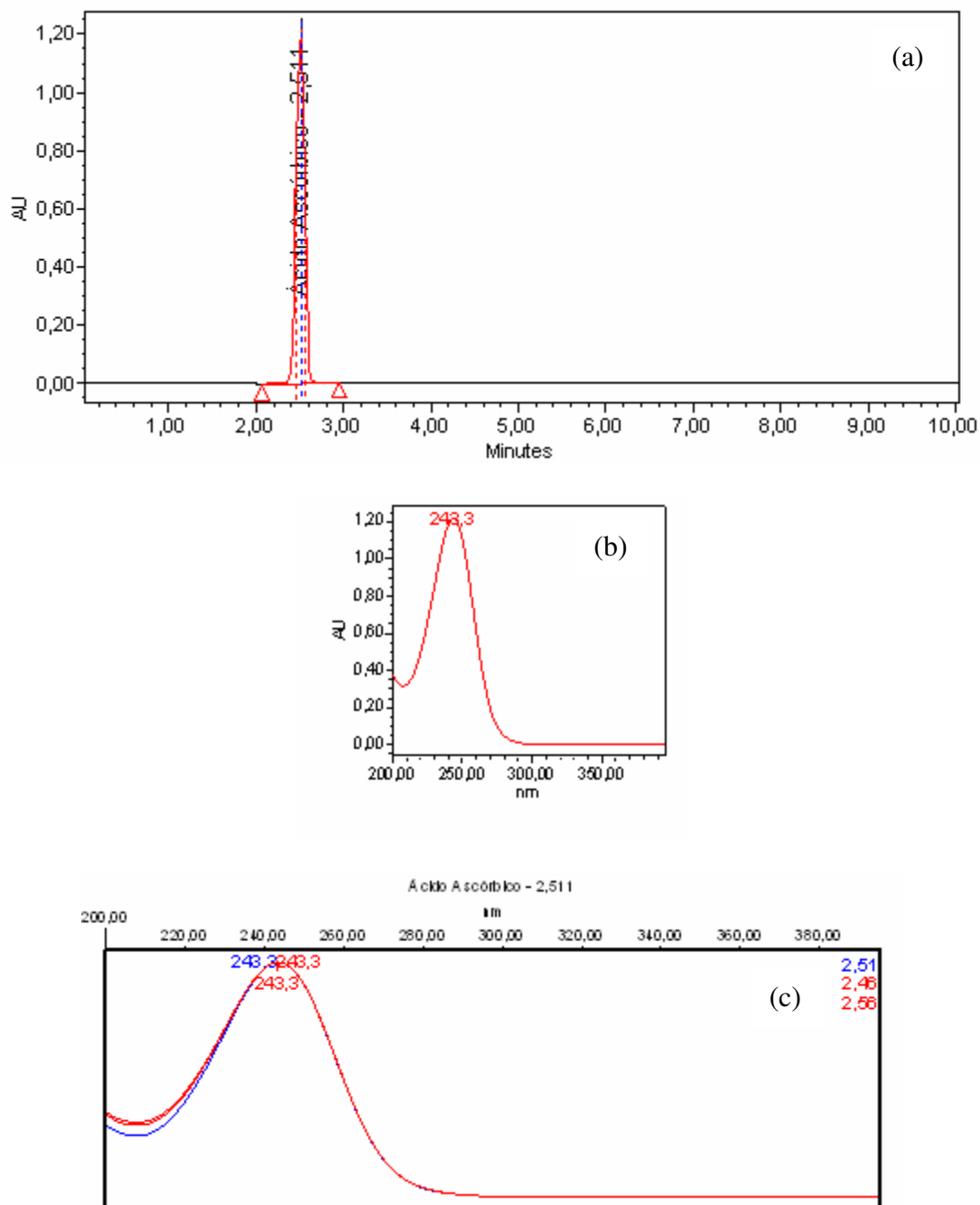


Figura 8. (a) Cromatograma do padrão de ácido ascórbico

(b) Espectro de ultravioleta de ácido ascórbico

(c) Análise de pureza do pico cromatográfico do padrão de ácido ascórbico

4.2.2.5.1.3 Análise de ácido ascórbico

O ácido ascórbico do suco de acerola, mistura e suco microencapsulado foi extraído em água ultrapura e sonificado durante cinco minutos. Em seguida, a solução foi filtrada por membrana 0,45 µm e aplicada no cromatógrafo.

4.2.2.5.1.4 Solventes

Todos os solventes utilizados para separação por CLAE foram grau cromatográfico e previamente filtrados em sistema Millipore de filtração a vácuo, com membrana para solvente orgânico de 0,45 µm. Todas as amostras foram filtradas em membranas de polietileno, hidrofílicas (Millex Durapore PVDF), com 0,45 µm de poro, imediatamente antes da injeção no cromatógrafo.

4.2.2.5.1.5 Equipamento

O ácido ascórbico foi analisado em um cromatógrafo líquido de alta eficiência com sistema quaternário de bombeamento de solventes (Waters), injetor “Rheodyne” com alça de amostra (loop) de 20 µL, degaseificador “on line”, detector de arranjo de diodos (DAD) (Waters) e sistema de aquisição e processamento de dados Millennium (Waters). Os espectros foram adquiridos entre 250 e 650 nm e os cromatogramas processados em comprimento de onda fixo (243 nm).

4.2.2.5.2 Separação por CLAE de fase reversa

A escolha e otimização do binômio coluna-fase móvel que permitia a retenção na linha de base da vitamina C foi decisiva neste tipo de análise. Foram testadas colunas C₁₈ marcas Lichrosphere (5 µm, 12,5 cm x 4 mm), Symmetry (5 µm, 15 cm x 3,9 mm) e PLRP (5 µm, 21 cm x 4,6 mm), com vazão entre 0,7 mL/min e 1,0 mL/min.

Em todos os testes de separação em coluna Lichrosphere foi utilizada eluição isocrática, com H₃PO₄ 0,023 M/metanol (67:33, 75:25 e 95:05). Nas colunas Symmetry e PLRP também foi utilizada eluição isocrática, com KH₂PO₄ 0,1 mol/L/metanol (95:05). Contudo, em nenhuma dessas condições obteve-se retenção do ácido ascórbico nos níveis desejáveis..

Foi testada também coluna de fase reversa XTerra e, como fase móvel foi utilizado um gradiente constituído de TFA 0,5%/metanol (100 a 0% de TFA 0,5% em 25 minutos) e, novamente, não foi obtida retenção de ácido ascórbico nos níveis desejados.

Baseado nas condições de Nollet (1992) foi utilizada coluna Hypersil ODS-2 (5µm, 15 cm x 4,6 mm) e, como fase móvel um gradiente constituído de água (pH 2,1 ajustado com H₂SO₄ concentrado) e ACN, descrito na Tabela 4, o qual proporcionou desejávelretenção de ácido ascórbico.

Tabela 4. Gradiente utilizado como fase móvel na coluna Hypersil ODS-2.

Tempo (min)	Vazão (mL/min)	Água (pH 2,1) (%)	ACN (%)
	0,5	99,0	1,0
6	0,5	99,0	1,0
14	0,5	5,0	95,0
15	0,5	99,0	1,0
20	0,5	99,0	1,0

No entanto, após várias injeções de amostras no cromatógrafo, foi notado o deslocamento do pico cromatográfico levando, a outros testes, mantendo-se a acidez da fase móvel ao longo da eluição.

Desta forma, utilizou-se H₂SO₄ concentrado, THF e ácido fórmico. A condição cromatográfica ideal para quantificação de vitamina C por CLAE ficou assim estabelecida:

- Fase móvel: (A) Ácido fórmico 0,1% em água
(B) Ácido fórmico 0,1% em ACN
- Coluna: Hypersil ODS-2 (5µm, 15 cm x 4,6 mm)
- Vazão: 1,0 mL/min
- Detecção: 243 nm
- Volume de injeção: 10 µL
- Tempo de análise: 10 minutos
- Modo de eluição isocrático: 99% (A) e 1% (B)

4.2.2.6 Análise estatística dos dados

Os resultados, em triplicata, obtidos nas análises química e físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e tiveram suas médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$) (PIMENTEL GOMES, 1967).

4.2.3 Estabilidade (vida-de-prateleira) do suco de acerola microencapsulado

Foi determinada a partir de análises química (ácido ascórbico) e microbiológicas para amostras de suco de acerola microencapsulado e suco de acerola liofilizado (amostra de referência), por um período de 90 dias.

4.2.3.1 Embalagem

A embalagem utilizada consistiu de um filme laminado com as seguintes camadas (de fora para dentro):

- Papel monolúcido
- Polietileno de baixa densidade (PEBD)
- Folha de alumínio
- Polietileno de baixa densidade (PEBD)

4.2.3.1.1 Caracterização da embalagem

As embalagens foram confeccionadas com um filme laminado (descrito no item 6.2.3.1), de 8 x 8 cm de dimensão, termosselada em três regiões com o auxílio de uma termosseladora de pedal.

4.2.3.2 Armazenamento

As amostras (em duplicata) foram armazenadas em laboratório, a 25°C. Cada embalagem continha 10g de amostra. As análises foram realizadas no dia do processamento e a cada 15 dias de armazenamento, até completar 90 dias.

4.2.3.3 Avaliação microbiológica

Foram realizadas pesquisas para salmonelas, coliformes fecais e bolores e leveduras, conforme metodologia da APHA (American Public Health Association) (VANDERSANT E SPLITSTTOESSER, 1992).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Resultados das análises química e físico-químicas das matérias-primas

5.1.1 Suco de acerola verde

Na Tabela 5 está apresentada a caracterização do suco de acerola verde clarificado concentrado orgânico.

Tabela 5. Caracterização do suco de acerola verde

Parâmetro	Valor obtido
pH	3,19 ± 0,50
Sólidos solúveis (° Brix)	31,9 ± 0,10
Sólidos totais (%)	22,5 ± 0,30
Ácido ascórbico (mg/100g)*	33,3 x 10 ³ ± 4,5

* base seca

5.1.2 Maltodextrina

Na Tabela 6 está apresentada a caracterização da maltodextrina orgânica.

Tabela 6. Caracterização da maltodextrina

Parâmetro	Valor obtido
pH	5,19 ± 0,40
Umidade (%)*	3,42 ± 0,30

* base seca

5.2 Resultados das análises química e físico-químicas da mistura (suco e maltodextrina) antes da secagem

Na Tabela 7 está apresentada a caracterização da mistura (suco e maltodextrina) após homogeneização e antes da secagem.

Tabela 7. Caracterização da mistura (suco e maltodextrina)

Parâmetro	Valor obtido
pH	4,43 ± 0,40
Sólidos totais (%)	31,2 ± 0,30
Ácido ascórbico (mg/100g)*	6,69 x 10 ³ ± 1,4

* base seca

5.3 Resultados das análises química e físico-químicas do suco microencapsulado

Na Tabela 8 está apresentada a caracterização do suco de acerola microencapsulado.

Tabela 8. Caracterização do suco de acerola microencapsulado

Parâmetro	Valor obtido
pH	4,99 ± 0,30
Umidade (%)	3,47 ± 0,30
Ácido ascórbico (mg/100g)*	17,2 x 10 ³ ± 1,9

* base seca

5.4 Análise quantitativa

5.4.1 Suco de acerola verde

A Figura 9 ilustra o cromatograma obtido para a amostra de suco de acerola verde, cujo valor obtido através da média de três aplicações foi 33,3 x 10³ mg de ácido ascórbico/100g de suco (base seca).

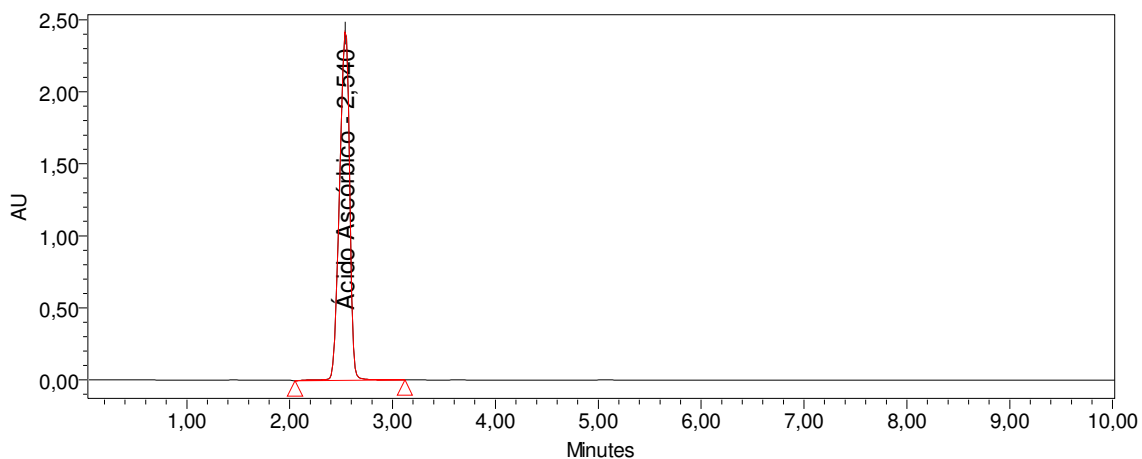


Figura 9. Cromatograma obtido po CLAE para o suco de acerola verde. Condições cromatográficas: coluna Hypersil ODS-2 (5 μ m, 15 cm x 4,6 mm); fase móvel (A) ácido fórmico 0,1% em água (99%) e (B) ácido fórmico 0,1% em ACN (1%); fluxo de 1,0 mL/min.

5.4.2 Mistura (suco e maltodextrina) antes da secagem

A Figura 10 ilustra o cromatograma obtido para a amostra da mistura, cujo valor obtido através da média de três aplicações foi $21,5 \times 10^3$ mg de ácido ascórbico/100g de mistura (base seca).

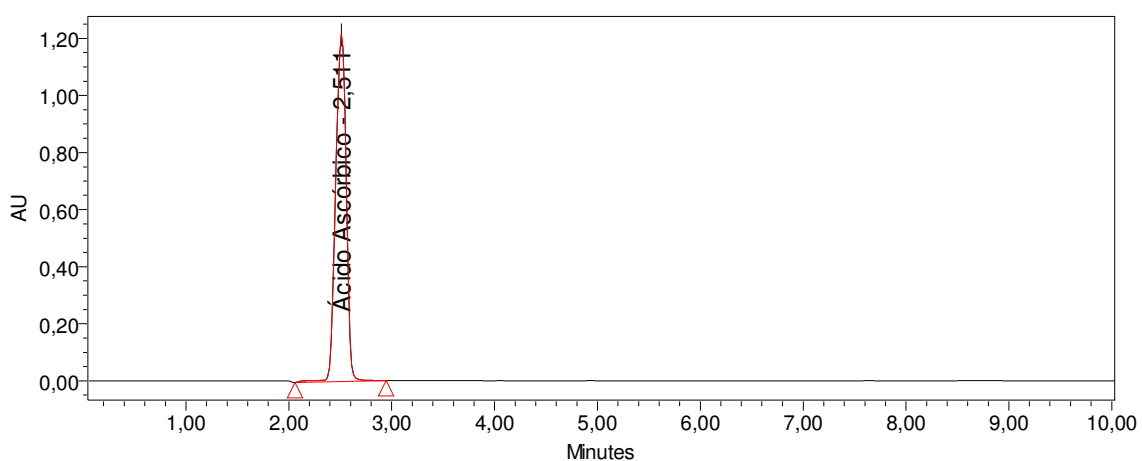


Figura 10. Cromatograma obtido po CLAE para mistura de suco de acerola verde e maltodextrina. Condições cromatográficas: coluna Hypersil ODS-2 (5 μ m, 15 cm x 4,6 mm); fase móvel (A) ácido fórmico 0,1% em água (99%) e (B) ácido fórmico 0,1% em ACN (1%); fluxo de 1,0 mL/min.

5.4.3. Suco microencapsulado

A Figura 11 ilustra o cromatograma obtido para a amostra do suco microencapsulado, cujo valor obtido através da média de três aplicações foi $17,2 \times 10^3$ mg de ácido ascórbico/100g de suco microencapsulado (base seca).

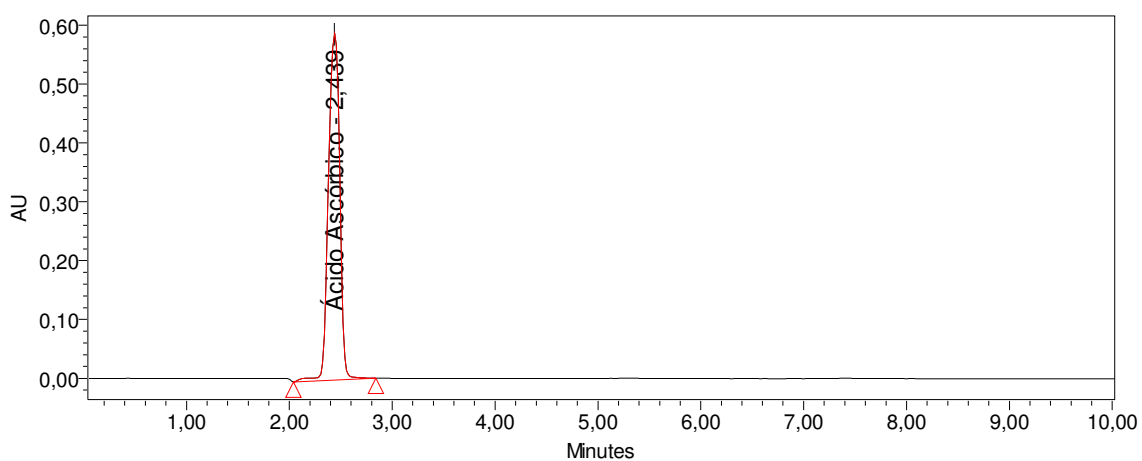


Figura 11. Cromatograma obtido po CLAE para suco microencapsulado. Condições cromatográficas: coluna Hypersil ODS-2 (5 μ m, 15 cm x 4,6 mm); fase móvel (A) ácido fórmico 0,1% em água (99%) e (B) ácido fórmico 0,1% em ACN (1%); fluxo de 1,0 mL/min.

O comportamento dos teores de ácido ascórbico obtidos nas três amostras está ilustrado na Figura 12.

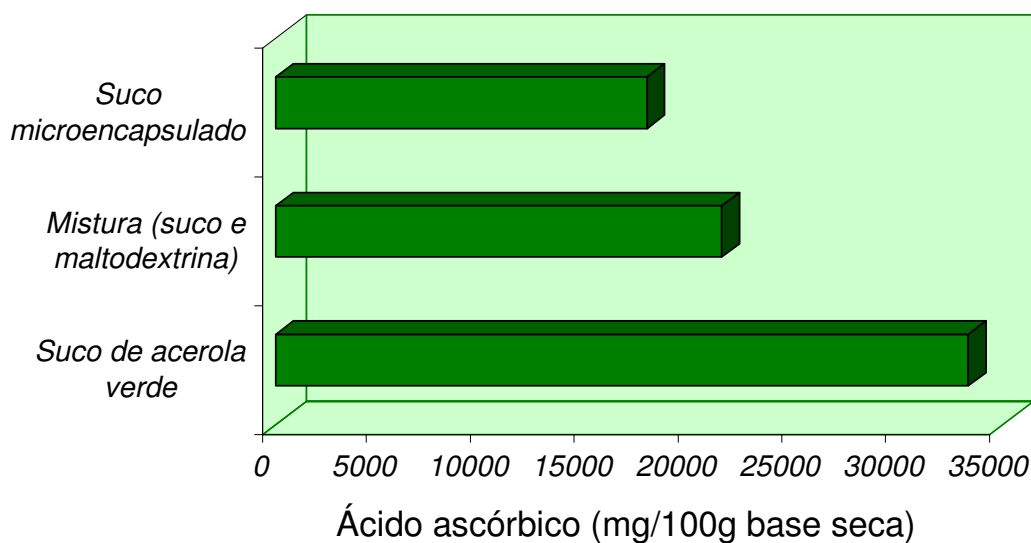


Figura 12. Teor de ácido ascórbico das amostras de suco de acerola verde, mistura e suco microencapsulado.

Observa-se, pela Figura 12, que o valor de ácido ascórbico obtido no suco encapsulado é cerca de 1,87 vezes menor do que o valor encontrado no suco de acerola verde. Neste lote, foram utilizados 100 kg de suco de acerola verde e 14 kg de maltodextrina orgânica, com um rendimento de 36 kg de suco de acerola microencapsulado (matéria seca). De posse desses valores, pode-se observar que, em termos de rendimento de ácido ascórbico houve perda de 80,65% o suco verde e o suco microencapsulado, em base seca.

5.4.5 Análise de estabilidade (vida-de-prateleira) do suco de acerola microencapsulado

5.4.5.1 Análise de ácido ascórbico

A tabela 9 mostra os valores médios do teor de ácido ascórbico e sua perda, para as duas amostras estudadas.

Pode-se observar que o elevado teor de ácido ascórbico apresentado pela amostra de suco liofilizado (sem adição de encapsulante) demonstra que a eficiência da secagem por liofilização é bastante superior à feita por atomização. Entretanto, a amostra liofilizada sem encapsulante apresentou, ao final do período de armazenamento, uma perda muito maior ácido ascórbico. Isto sugere que, apesar do processo de liofilização levar a uma retenção de ácido ascórbico superior àquela obtida para a secagem por atomização, a ausência de agente encapsulante promovendo proteção ao material de recheio pode levar à diminuição da estabilidade do produto final e, portanto, a perdas bem maiores de ácido ascórbico durante a vida-de-prateleira (Figura 13).

Tabela 9. Teor^(*) de ácido ascórbico (mg/100g em base seca) e sua perda (%) para as amostras de suco de acerola estudadas durante o tempo de armazenamento a 25°C.

Ácido ascórbico (mg/100g de amostra)		
Dias	Suco microencapsulado	Suco liofilizado (sem agente encapsulante)
0	17877,6 ± 1,9	31348,48 ± 363,8
15	17875,9 ± 2,0	30986,78 ± 36,8
30	17873,0 ± 1,4	28430,78 ± 550,3
45	17866,8 ± 5,7	28063,68 ± 252,1
60	16906,4 ± 6,1	24364,98 ± 307,3
75	16896,2 ± 7,8	24302,38 ± 150,2
90	16874,1 ± 4,5	24288,28 ± 546,2
Perda (%)	5,61	22,52

(*) valores médios de três repetições

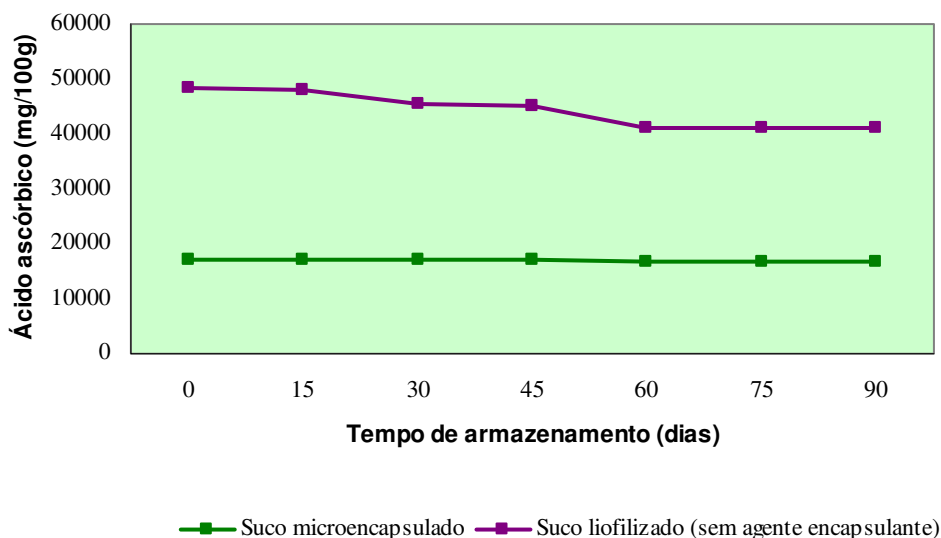


Figura 13. Comportamento do teor de ácido ascórbico no estudo de estabilidade

Figueiredo (1998) relatou perdas de vitamina C inferiores às obtidas neste estudo. A autora trabalhou com suco de acerola microencapsulado com uma mistura de encapsulantes (maltodextrina e goma arábica) em três formulações. Foi verificado que, após 360 dias de armazenamento, a perda de vitamina C, para a formulação que continha suco + 15% de maltodextrina + 2,5% de goma arábica, ficou situada em torno de 3%. Deve-se ressaltar que no referido a embalagem utilizada oferecia barreira maior com relação à permeabilidade ao oxigênio e vapor de água, o que pode ter contribuído para uma perda inferior.

Ribeiro (1999) trabalhou com polpa de cupuaçu adicionada de 5, 10 e 15% de maltodextrina e desidratada por atomização. Foi estudada a estabilidade dos produtos acondicionados em sacos plásticos fechados a vácuo, por um período de 90 dias. Os resultados mostraram que as formulações preparadas apresentaram boa estabilidade. A formulação com 5% de maltodextrina apresentou as maiores perdas de vitamina C, e a que apresentou a menor perda foi a formulação com 10% daquele agente encapsulante.

5.4.5 Avaliação microbiológica

Apesar de não ter sido monitorada ao longo do tempo de armazenamento, a avaliação microbiológica do suco de acerola microencapsulado foi realizada apenas para verificar se esse produto atendia aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira.

A Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde através da Portaria nº 451 de 19 de setembro de 1997 estabeleceu padrões que foram compatibilizados com regulamentos harmonizados no Mercosul que, por sua vez, usa como referências os documentos do Codex Alimentarius e da I.C.M.S.F. (Comissão Internacional para Especificações Microbiológicas de Alimentos).

Para sucos desidratados a legislação estabelece os seguintes padrões (BRASIL, 1997):

Samonelas	ausência em 25 g
Coliformes fecais	10 NMP (no máximo)/g
Bolores e leveduras	10 ³ UFC (no máximo)/g

Os resultados das análises efetuadas ao final do tempo de armazenagem nas amostras de suco de acerola microencapsulado na temperatura estudada, estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10. Avaliação microbiológica das amostras de suco de acerola microencapsulado

Salmonelas (em 25 g)	Coliformes fecais (NMP/g)	Bolores e leveduras (UFC/g)
ausência	< 2,2	< 10
ausência	< 2,2	< 10
ausência	< 2,2	< 10
<i>ausência</i>	< 2,2	< 10

Pode-se observar que os produtos atenderam aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação vigente.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos neste estudo permitem afirmar que:

- embora a atomização seja uma das melhores alternativas para a preservação da acerola, a perda de 5,61% de ácido ascórbico em 90 dias de estocagem sugere que a principal reação de degradação desse componente é predominantemente de origem não-enzimática.
- o suco microencapsulado apresentou estabilidade superior à do produto que foi desidratado sem agente encapsulante.
- o produto estudado obedece aos padrões microbiológicos estabelecidos pela legislação brasileira para sucos desidratados, ao final do tempo de armazenamento de 90 dias.

- o método para quantificação de ácido ascórbico por CLAE apresentou resultados condizentes com a padronização.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINO-COSTA, T.S.; ABREU, L.N.; ROSSETTI, A.G. efeito do congelamento e estocagem da polpa de acerola sobre o teor de carotenóides e antocianinas. In: **Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos**, 4, 2001. Campinas. *Livro de Resumos...* Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2000. p. 58.

AGUIAR, L.P.; ALVES, R.E.; LIMA, D.P.; FIGUEIRAS, H.A.C.; ALMEIDA, A.S. Carotenóides totais e vitamina C em acerolas oriundas de plantas selecionadas dentro de progênies de polinização aberta. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 17, 2000. Fortaleza. *Livro de Resumos...* Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2000. v.2, p. 5 – 6.

AGUIRRE, J.M. de; GASPARINO FILHO, J. Diagnóstico sobre a industrialização de produtos de origem vegetal desidratados. **Informativo Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 2-3, 2000.

ALVES, R.E.; MENEZES, J.B. Botânica da aceroleira. In: **Simpósio Brasileiro sobre Acerola no Brasil**, 1. 1995, Vitória da Conquista. *Anais...* Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1995. p. 7-14.

AMARO, A.P.; BONILHA, P.R.M.; MONTEIRO, M. Efeito do tratamento térmico nas características físico-químicas e microbiológicas da polpa de maracujá. **Alim. Nutr.**, São Paulo, v. 13, p. 151 – 162, 2002.

ANDERSON, L.; DIBBLE, M.V.; TURKKI, P.R.; MITCHELL, H.S. **Nutrição**. 17 ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. p. 119 – 123.

A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis**; edited by Sidney Williams. 14 ed. Arlington, 1984. p. 1141.

ARENA, E.; FALLICO, B.; MACARRONE, E. Evaluation of antioxidant capacity of blood orange juice as influenced by constituents, concentration process and storage. **Food Chem.**, v. 74, p. 423 – 427, 2001.

ARSHADY, R. Microcapsules for food. **Journal of Microencapsulation**, v. 10, n. 4, p. 413-35, 1993.

ASSIS, S.A.; LIMA, D.C.; FARIA OLIVEIRA, O.M.M. Acerola's pectinmethylesterase: studies of heat inactivation. **Food Chemistry**, v. 71, p. 465 – 467, 2000.

BALASSA, L.L.; FANGER, G.O. Microencapsulation in food industry, **CRC Critical Reviews in the Food Technology**, v. 2, n. 2, p. 245 – 65, 1971.

BLISKA, F.M.M.; LEITE, R.S.S.F. Aspectos econômicos e de mercado. In: **Simpósio Brasileiro sobre Acerola no Brasil**, 1. 1995, Vitória da Conquista. *Anais...* Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1995. p. 107-123.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 451, 11/09/1997. **Diário Oficial**, Brasília, Secretaria de Vigilância Sanitária, 22 de setembro de 1997 (Anexo 1).

CAMARGO, R.; FONSECA, H.; GRANER, M.; PRADO FILHO, L.G.; CARUSO, F.G.B.; ANDRADE, M.O.; NOGUEIRA, J.N.; CANTARELLI, P.R.; LIMA, U.A.; OLIVEIRA, A.J.; MOREIRA, L.S. **Tecnologia de Produtos Agropecuários – Alimentos**, São Paulo, Nobel, 1984, 298p.

DAIUTO, E.R.; CEREDA, M.P. Amido como suporte na desidratação por atomização e em microencapsulação. **Tecnologia, usos e potencialidade de tuberosas amiláceas latino americanas**, v. 3, cap. 16, p. 449 – 54, 2003.

DHARIWAL, R. K. W.O., LEVINE, M. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid measurements in human plasma and serum. **American Journal of Clinical Nutrition**. Bethesda, v. 54, n.4, p. 712 – 716, 1991.

DOMINGUES, A. et al. Caracterização das propriedades físicas do suco de abacaxi (*Ananás comosus*) em pó desidratado por spray dryer otimizado através de análise de suporte de superfície de resposta. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 18., 2002, Porto Alegre. *Anais...* Campinas: SBCTA, 2002, p. 1717 – 20, 2002.

DZIEZAK, J.D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**, v. 42, n. 4, p. 136 – 48, 1988.

FIGUEIREDO, R.M.F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola** (*Malpighia puniceifolia* L.). Campinas, 1998. p. 184. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. Ed. São paulo: Atheneu, 1992, p. 307.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 1 ed., Nobel, São Paulo, 1978.

GAYET, J.P. Acerola. **Soluções fruta a fruta**. V. 1, n. 2, p. 5-10, 1995.

GIESE, J. Developments in berage additives. **Food Technology**. P. 64 – 72. 1995.

GOÉS, V. A. **Polpa de mamão liofilizado**. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, 1981 (Tese de Mestrado).

GOMEZ, P. et al. La Cerise des Antilles: une exceptionnelle source de vitamine C naturelle. **Fruits**. Paris, v. 54, n. 4, p. 247-260, 1999.

GREGORY, J.F. Vitamins. In: FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**. 3.ed. New York: Marcel Dekker, 1996, p. 488 – 493.

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

GUILLAND, J.C. Vieillissement et vitamines. **La Revue de Gériatrie**, v.17, n.10, 1992. p.545-553

HEGENBART, S. Encapsulated ingredients keep problems covered. **Food Product Design**, v. 3, n. 1, p. 28 – 34, 1993.

JACKSON, L. S.; LEE, K. Microencapsulation and the food industry. **Lebensmittel – Wissenschaft u. Technologie**, v. 24, n. 4, p. 289 – 97, 1991.

JACOB, R.A. Vitamin C status and nutrient interactions in a healthy elderly population. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 63, n.6, p. 188, 1988.

KAWATI, R. Pesquisa e extensão sobre a cultura da acerola no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ACEROLA NO BRASIL, 1. 1995, Vitória da Conquista. **Anais...** Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1995. p. 149-154.

KENNEDY, J.F.; RIVERA, Z.S.; LLOYD, L.L.; WARNER, F.P.; JUMEL, K. L-ascorbic acid stability in aseptically processed orange juice in Tetra Brik cartons and the effect of oxygen. **Food Chem.** v. 45, n. 5, p. 327 – 331, 1992

KORGO, A. Development of consumption and raw materials: till today and the future. *Fruit Processing*, Schoenborn, v. 6, n. 12, p. 478 – 481, 1996.

LEE, H.S.; CHEN, C.S. Rates of vitamin C loss and discoloration in clear orange juice concentrate during storage at temperature of 4 – 24°C. **J. Agric. Food Chem.**, v. 46, p. 4723 – 4727, 1998.

LEE, H.S.; COATES, G. A. Vitamin C in frozen, fresh squeezes, unpasteurized, polyethylene-bottled, orange juice: a storage study. **Food Chem.** v. 65, p. 165 – 168, 1999.

LUCAS, A.P. Acerola: suco da saúde conquista o mundo inteiro. **Manchete Rural**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 69, p. 10-13, 1993.

MAHAN, L.K., ARLIN, M.T. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia.** 8ª ed. São Paulo : Roca, 1995. p.71-111: Vitaminas.

MAHAN, L.K.; ESCOTT-STUMP, S. Vitaminas. In: **Krause, alimentos, nutrição e dietoterapia.** São paulo: Roca, 2002, p. 97 – 100.

MANSO, M. C.; OLIVEIRA, F. A. R.; OLIVEIRA, J.C; FRIAS, J.M. Modelling ascorbic acid thermal degradation and browning in orange juice under aerobic conditions. *Int. J. Food Sci. Tech.*, v. 36, p. 303 – 312, 2001.

MARCUS, R.; COULSTON, A.M. Vitaminas hidrossolúveis. In: GILMAN, A.G.; ROLL, T.W.; NIES, A.S. **As bases farmacológicas da terapêutica**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1991. p. 1017 – 1032.

MARINO NETTO, L. **Acerola, a cereja tropical**. São Paulo: Nobel, 1986. 94p.

MASTERS, K. Spray drying Handbook. 5 Ed. New York, Longman Scientific & Technical, 1991. 725p.

MOSER, V.; BENDICH, A. Vitamin C. In: MACHLIN, L.J. **Handbook of vitamins**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 195 – 232.

NAGY, S. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. *J. Agric. Food Chem.*, Washington, D.C., v. 28, n. 1, p. 8 – 18, 1980.

NOGUEIRA, R.I.; SILVA, F.C. da. Produtos desidratados. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ACEROLA NO BRASIL, 1. 1995, Vitória da Conquista. **Anais...** Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 1995. p. 90-95.

NOLLET, L.M. **Food Analysis by HPLC**, New York, 1992.

PADH, H. Vitamin C: never insights into its biochemical functions. **Nutrition Reviews**, New York, v. 49, n. 3, p. 65 – 70, 1991.

PAULING, L. **Como viver mais e melhor: o que os médicos não dizem sobre sua saúde**. 4. Ed. São Paulo: best Seller, 1998, p. 400.

PIMENTEL, G.F. **A estatística na pesquisa agropecuária**. 3ª ed. Ver e ampl. Piracicaba: Potafos, 1997. p. 162.

PITOMBO, R.N.M.; CANTELMO, M.C.P.W. Jugo de acerola (*Mapighia punicifolia* L.) liofilizado: comportamento higroscópico, efectos del almacenamiento humedades

relativas y temperaturas, sobre la vitamina C y compuestos volátiles. **Alimentaria**, Madrid, v. 37, n. 316, p. 119-128, 2000.

POLYDERA, A.C.; STOFOROS, N.G.; TAOUKIS, P.S. Quality degradation kinetics of pasteurized and high pressure processed fresh navel orange juice: nutritional parameters and shelf life. **Innov. Food Sci. Em. Tech.** v. 6, n. 1, p. 1 – 9, 2005.

QUEIROZ, C.E.; MENEZES, H.C. Suco de laranja. In: VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.). **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005. p. 221 – 254.

RIBEIRO, M.S. **Caracterização da polpa de cupuaçu** (*Theobroma grandiflorum* Schum) obtida por atomização. Rio de Janeiro, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, p. 77. (dissertação de mestrado), 1999.

RIEDEL, G. **Controle sanitário dos alimentos**. Ed. Loyola, São Paulo, 1987. p. 445.

RIGHETTO, A.M.; NETTO, F.M. Caracterização físico química de suco de acerola verde concentrado. In: **Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2000, Fortaleza. *Livro de resumos...* Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2000. 2 v. p. 5. 169.

ROBERTSON, G. L.; SAMANIEGO, C.M.L. Effect of initial dissolved oxygen levels on the degradation of ascorbic acid and the browning of lemon juice during storage. **J. Food Sci.** v. 51, p. 184 – 186, 1986.

SANTOS, G.C. **Avaliação do processamento e da vida-de-prateleira da polpa de maracujá** (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg.) **produzido por cultivo orgânico**. 2004. 123 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2004.

SHAW, P.E.; NAGY, S.; ROUSEFF, R. L. The shelf life of citrus products. In: Charalambous, G. **Shelf life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects**. Amsterdam: Elsevier, 1993, p. 755 – 778.

SCHULER, S.; SCHULER, E.M. **Preserving the fruits of the Earth**. The Dial Press, New York, 1973. 234p.

SILVA, J.A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo, Livraria Varela, p. 161 – 73, 2000.

SOARES, E.C. et al. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOLOMON, O.; SVANBERG, U.; SAHLSTROM, A. Effect of oxygen and fluorescent light on the quality of orange juice during storage at 8°C. **Food Chem.**, v. 53, n. 4, p. 363 – 368, 1995.

SPARKS, R.E. Microencapsulation In: GRAYON, M.; ECKROTH, D.; GRABER, E.; KINGSBERG, A.; SIEGEL, P.M. (Eds.) **Concise Encyclopedia of Chemical Technology**. New York, Wiley & Sons, p. 762 – 63, 1985.

TANNENBAUM, S.R.; ARCHER, V.R.; YOUNG, M. C. Vitamins and minerals. In: FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**, 2.ed.ver. New York: Marcel Dekker, 1985. p. 488 – 493.

TOCCHINI, R.P. **Efeito da temperatura e do tempo de armazenamento na qualidade do suco concentrado de laranja pasteurizado embalado assepticamente em Tetra-brik®**. 1985. 51. Tese (mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São paulo, Piracicaba, 1985.

TODD, R.D. Microencapsulation and the flavour indutry. **The Flavor Industry**, v. 1, p. 768 – 71, 1970.

TRAVAGLINI, D.A.; GASPARINO FILHO, J.; AGUIRRE, G.M. Equipamentos de secagem. In: Desidratação de frutas e hortaliças, Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, **Manual Técnico**, p. 2 – ½ - 29, 1999.

VANDEGAER, J.E. **Microencapsulation: processes and applications**, Plenum Press, New York, 1973.

VANDERSANT, C.; SPLISTTOESSER, F.D. **Compendium of methods for the microbiological examination**. Washington: American Public Health Association (APHA) – Technical Committee on Microbiological Methods for Foods. 3. Ed., 1992, p. 1219.

VENDRAMINI, A.L; TRUGO, L.C.; Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, n. 71, p. 195 – 198, 2000.

VIEIRA, M.C.; TEIXEIRA, A. A.; SILVA, C.L. Mathematical modeling of the thermal degradation kinetics of vitamin C in cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) nectar. **J. Food Eng.**, v. 43, p. 1 – 7, 2000.

ZERDIN, K.; ROONEY, M.L.; VERMUE, J. The vitamin C content orange juice packed in an oxygen scavenger material. **Food Chem.**, v. 82, p. 387 – 389, 2003.