

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

PROCESSAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE  
SUCO INTEGRAL E CONCENTRADO CONGELADO DE ACEROLA

*Poucer*

*Este exemplar corresponde a redação final  
da Tese defendida por Fernando César  
Akira Urbano Matsuura e aprovada pela  
Comissão Julgadora*

Fernando César Akira Urbano Matsuura 1/109  
Engenheiro Agrônomo

Prof.ª Hilary Castle de Menezes  
Orientadora

*Hilary C. de Menezes*

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da  
Universidade Estadual de Campinas para a obtenção do título de  
Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Campinas, SP  
1994

**BANCA EXAMINADORA**

*Hilary C. de Menezes*

---

Profa. Hilary Castle de Menezes  
(orientadora)

*Maria Helena Damásio*

---

Profa. Maria Helena Damásio  
(membro)

*Suplente*

---

Prof. Morris Willian Montgomery  
(membro)

*Nelson Horacio Pezoa García*

---

Prof. Nelson Horacio Pezoa García  
(membro)

## AGRADECIMENTOS

A Deus

A Mário Noritoshi Matsuura e Edair Urbano Matsuura, meus pais

À professora Hilary Castle de Menezes, minha orientadora

Aos professores Nelson Horacio Pezoa García, Maria Helena Damásio, Morris W. Montgomery, Carlos A. Gasparetto, Lincoln de Camargo Neves Filho, Gil E. Serra, Ramón H. Gutierrez e Pedro E. de Felício, da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP

Aos pesquisadores Vera L. Puppo Ferreira, Emília E. Miya Mori, Margarete K. Barbieri, Alfredo A. Vitalli, Marilene Iaderoza, Vera Baldini, Dilza Mantovani e Expedito Tadeu F. Silveira, do ITAL

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP e do ITAL

Aos Amigos

À UNICAMP e ao ITAL

A Empresa Cajú da Bahia S/A (CAJUBA)

Ao CNPq e FAEP

A pessoa desconhecida

## ÍNDICE GERAL

	pg
Índice de Tabelas	iv
Índice de Figuras	x
Resumo	xiii
Summary	xv
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>2</b>
2.1 A Acerola	2
2.1.1 Histórico	2
2.1.2 Botânica	3
2.1.3 Variedades	5
2.1.4 Condições Edafo-Climáticas	8
2.1.5 Aspectos Culturais Gerais	8
2.1.6 Fisiologia dos Frutos	9
2.1.7 Características Físico-Químicas	10
2.1.8 Vitamina C	18
2.1.9 Utilizações e Aspectos Tecnológicos	25
2.2 Suco de Acerola	26
2.2.1 Processamento	26
2.2.2 Características Físico-Químicas e Reológicas	29
2.2.3 Propriedades Organolépticas	31
2.2.4 Aspectos Econômicos	32
2.3 Concentração	32
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>41</b>
3.1 Material	41
3.2 Métodos	41
3.2.1 Processamento	41
3.2.1.1 Suco Integral	41
3.2.1.2 Suco Integral Concentrado	44

3.2.2 Análises Físico-Químicas	46
3.2.2.1 pH	46
3.2.2.2 Acidez Total Titulável	46
3.2.2.3 Brix	46
3.2.2.4 Relação Brix/Acidez	47
3.2.2.5 Açúcares Redutores e Não Redutores	47
3.2.2.6 Açúcares Totais	47
3.2.2.7 Cinzas	47
3.2.2.8 Fibras	47
3.2.2.9 Antocianinas	48
3.2.2.10 Ferro	48
3.2.2.11 Ácido Ascórbico	48
3.2.2.12 Teor de Polpa	48
3.2.2.13 Sólidos Totais	48
3.2.2.14 Densidade	48
3.2.2.15 Proteína	49
3.2.2.16 Gordura	49
3.2.2.17 Pectina	49
3.2.2.18 Distribuição do Tamanho das Partículas Insolúveis	49
3.2.2.19 Viscosidade	51
3.2.2.20 Análise Objetiva da Cor	51
3.2.3 Análises Microbiológicas	51
3.2.4 Análise Sensorial	52
3.2.4.1 Amostras	52
3.2.4.2 Métodos	52
3.2.4.3 Seleção de Provadores e Treinamento	55
3.2.4.4 Análises Estatísticas	58
3.2.4.4.1 Seleção de Provadores	58
3.2.4.4.2 Avaliação das amostras	58
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	59
4.1 Processamento	59
4.2 Análises Físico-Químicas	59
4.3 Viscosidade	72
4.3.1 Comportamento reológico	72
4.3.1.1 Suco integral em diferentes temperaturas	72

4.3.1.2 Suco integral concentrado em diferentes temperaturas	76
4.3.1.3 Suco integral em concentrações de 7,5, 8,5, 12,5 e 16,5 °Brix	79
4.4 Análise Sensorial	82
4.4.1 Seleção de Provadores	82
4.4.2 Análise do Suco Integral	89
4.4.3 Análise do Suco Integral Concentrado	97
4.5 Análise Instrumental da Cor	114
4.6 Análises Microbiológicas	124
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>127</b>
<b>6. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>129</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

	pg.
Tabela 1. Características de alguns clones e variedades de Acerola.	6
Tabela 2. Características de algumas variedades estudadas de Acerola	7
Tabela 3. Características Físico-Químicas de Acerola (Fruta).	11
Tabela 4. Composição de minerais e vitaminas da Acerola (Fruta).	14
Tabela 5. Composição de Carotenóides de Acerola proveniente do Estado de Pernambuco.	16
Tabela 6. Quantidade de Vitamina C de Acerola provenientes de diferentes localizações geográficas.	20
Tabela 7. Variações na quantidade de Vitamina C em acerola (variedade B-17), colhida em diferentes épocas.	21
Tabela 8. Distribuição do ácido dehidroascórbico (DHA), ácido dicetogulônico (DKA) e ácido ascórbico (AA) em frutas frescas e congeladas de Acerola em diferentes estágios de desenvolvimento.	23
Tabela 9. Características Físico-Químicas do Suco de Acerola.	30
Tabela 10. Características Físico-Químicas do Suco Integral sem Tratamento Térmico e estocado a -18°C	

(Estudo da Matéria-Prima).	61
Tabela 11. Características Físico-Químicas do Suco Integral Tratado Termicamente e estocado a -18°C (Estudo da Matéria-Prima).	62
Tabela 12. Características Físico-Químicas do Suco Integral (Estudo da Concentração).	67
Tabela 13. Características Físico-Químicas do Suco Integral Concentrado (Estudo da Concentração).	68
Tabela 14. Distribuição do tamanho médio das partículas de suco integral e integral concentrado de Acerola, coletadas na separação por peneiras.	71
Tabela 15. Parâmetros reológicos do suco integral de Acerola (7,5°Brix) a velocidade angular de 90,7 rpm.	74
Tabela 16. Parâmetros reológicos do suco integral concentrado de Acerola (16,5°Brix) a velocidade angular de 90,7 rpm.	77
Tabela 17. Parâmetros reológicos do suco integral de Acerola com concentrações de 7,5, 8,5, 12,5 e 16,5°Brix a velocidade angular de 90,7 rpm.	80
Tabela 18. Valores de F amostra (Fa), F repetições (Fr) da análise de variância de cada provador para os atributos sensoriais de suco de acerola (Estudo da Matéria-Prima)	83
Tabela 19. Valores de F amostra (Fa), F repetições (Fr) da análise de variância de cada provador para os atributos sensoriais (odor característico e cozido e	

cor característica) de suco de acerola (Estudo da Concentração)	84
Tabela 20. Valores de $F_{amostra}$ (Fa), $F_{repetições}$ (Fr) da análise de variância de cada provador para os atributos sensoriais (sabor característico, cozido, adstringente e amargo) de suco de acerola (Estudo da Concentração)	85
Tabela 21. Médias dos proadores para cada atributo sensorial e amostra e suco de acerola (Estudo da Matéria-Prima)	86
Tabela 22. Médias dos provadores para cada atributo sensorial (odor característico e cozido e cor característica) e amostra de suco de acerola	87
Tabela 23. Médias dos provadores para cada atributo sensorial (sabor característico, cozido, adstringente e amargo) e amostra de suco de acerola	88
Tabela 24. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tratamento térmico), provador e interação para cada atributo sensorial em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ .	90
Tabela 25. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para cada atributo sensorial durante o armazenamento de 180 dias $-18^{\circ}\text{C}$ .	91
Tabela 26. Valores da avaliação sensorial para os atributos de odor, sabor e cor característico em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ no processamento de suco integral para utilização como matéria-prima.	92

Tabela 27. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tratamento térmico), provador e interação para a avaliação de preferência de sabor em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ .	94
Tabela 28. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para a avaliação de preferência de sabor durante o armazenamento de 180 dias a $-18^{\circ}\text{C}$ .	95
Tabela 29. Valores da avaliação sensorial para preferência em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ no processamento de suco integral para utilização como matéria-prima.	96
Tabela 30. Valores da avaliação sensorial de suco de acerola com diferentes teores de polpa.	97
Tabela 31. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (concentração), provador e interação para cada atributo sensorial (odor e cor) em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ .	99
Tabela 32. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (concentração), provador e interação para cada atributo sensorial (sabor) em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ .	100
Tabela 33. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para cada atributo sensorial durante o armazenamento de 180 dias $-18^{\circ}\text{C}$ .	101
Tabela 34. Valores da avaliação sensorial para os atributos de odor característico e cozido em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração).	102

Tabela 35. Valores da avaliação sensorial para os atributos de sabor característico e cozido em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração).	105
Tabela 36. Valores da avaliação sensorial para os atributos de sabor adstringente e amargo em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração).	105
Tabela 37. Valores da avaliação sensorial para os atributos de cor característica em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração).	108
Tabela 38. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (concentração), provador e interação para a avaliação de preferência de sabor em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ .	110
Tabela 39. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para a avaliação de preferência de sabor durante o armazenamento de 180 dias a $-18^{\circ}\text{C}$ .	111
Tabela 40. Valores da avaliação sensorial para preferência dos sucos, sem e com adição de açúcar, em cada período de estocagem a $-18^{\circ}\text{C}$ no processamento de suco concentrado.	112
Tabela 41. Análise Estatística dos parâmetros de cor (L, a, b Hunter) do suco integral de Acerola, sem e com tratamento térmico, durante 180 dias de estocagem à $-18^{\circ}\text{C}$ .	115

Tabela 42. Estudo estatístico da variação dos parâmetros de cor (L, a, b Hunter) das amostras de suco integral de Acerola, sem e com tratamento térmico, durante 180 dias de estocagem à -18°C.	116
Tabela 43. Análise Estatística dos parâmetros de cor (L, a, b Hunter) do suco integral e integral concentrado de Acerola durante 180 dias de estocagem à -18°C.	120
Tabela 44. Estudo estatístico da variação dos parâmetros de cor (L, a, b Hunter) das amostras de suco integral e integral concentrado de Acerola durante 180 dias de estocagem à -18°C.	121
Tabela 45. Contagem Total de Bactérias do suco sem e com tratamento térmico (Estudo da Matéria -Prima) e do suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração).	125
Tabela 46. Contagem de Bolores e Leveduras do suco sem e com tratamento térmico (Estudo da Matéria -Prima) e do suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração).	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

	pg.
Figura 1. Evaporador Centrífugo tipo Centri-Therm.	39
Figura 2. Fluxograma das operações realizadas durante o processamento do Suco Integral de Acerola.	42
Figura 3. Fluxograma das operações realizadas durante o processamento do Suco Concentrado de Acerola.	45
Figura 4. Ficha de análise sensorial do Suco Integral de Acerola (Estudo da Matéria-Prima).	53
Figura 5. Ficha para análise sensorial por escala hedônica de 9 pontos.	54
Figura 6. Ficha para análise sensorial do odor e sabor do Suco Integral de Acerola (Estudo da Concentração).	56
Figura 7. Ficha para análise sensorial da cor do Suco Integral de Acerola (Estudo da Concentração).	57
Figura 8. Curvas de congelamento de Suco Integral e Integral Concentrado de Acerola.	60
Figura 9. Efeito do processamento na estabilidade de ácido ascórbico em Suco Integral de Acerola.	64
Figura 10. Estabilidade de ácido ascórbico durante a estocagem a -18°C de Suco Integral de Acerola tratado e não tratado termicamente.	65

Figura 11. Estabilidade de ácido ascórbico durante a estocagem a -18°C de Suco Integral e Integral Concentrado de Acerola.	69
Figura 12. Distribuição por tamanho das partículas insolúveis de Suco Integral e Integral Concentrado.	72
Figura 13. Reograma do Suco Integral de Acerola em diferentes temperaturas.	73
Figura 14. Viscosidade aparente do Suco Integral de Acerola em diferentes temperaturas.	75
Figura 15. Reograma do Suco Integral Concentrado de Acerola em diferentes temperaturas.	76
Figura 16. Viscosidade aparente do Suco Integral Concentrado de Acerola em diferentes temperaturas.	78
Figura 17. Reograma do Suco Integral de Acerola em concentrações de 7,5, 8,5, 12,5 e 16,5°Brix.	79
Figura 18. Viscosidade aparente do Suco Integral de Acerola em concentrações de 7,5, 8,5, 12,5 e 16,5°Brix.	81
Figura 19. Efeito do tratamento térmico e estabilidade do odor (superior), sabor (centro) e cor (inferior) característicos do Suco Integral de Acerola.	93
Figura 20. Efeito do tratamento térmico e estabilidade do sabor na avaliação de preferência por escala hedônica do Suco Integral de Acerola.	96
Figura 21. Efeito da Concentração e estabilidade do odor característico (superior) e cozido (inferior) de Suco Integral de Acerola.	103

Figura 22. Efeito da Concentração e estabilidade do sabor característico (superior) e cozido (inferior) de Suco Integral de Acerola.	106
Figura 23. Efeito da Concentração e estabilidade do sabor adstringente (superior) e amargo (inferior) de Suco Integral de Acerola.	107
Figura 24. Efeito da Concentração e estabilidade da cor característica de Suco Integral de Acerola.	109
Figura 25. Efeito da Concentração, adição de açúcar (sem açúcar-superior, com açúcar-inferior) e estabilidade do sabor na avaliação de preferência do Suco Integral de Acerola.	113
Figura 26. Cor (Sistema Hunter) de Suco Integral de Acerola tratado (C/TT) e não tratado termicamente (S/TT).	117
Figura 27. Cor (Sistema Hunter) de Suco Integral (SI) e Integral Concentrado (SIC) de Acerola.	122

## RESUMO

Nesse trabalho foi realizado um estudo, à nível de planta piloto, sobre os efeitos do tratamento térmico e da concentração no suco de acerola e a estabilidade química, físico-química, sensorial e microbiológica durante a vida-de-prateleira dos produtos. A finalidade do estudo do efeito do tratamento térmico foi a possibilidade de utilização do suco integral de acerola como matéria-prima para a produção de outros derivados da fruta, sendo essa primeira parte do trabalho denominada de estudo da matéria-prima, enquanto o efeito da concentração foi estudado com o objetivo de avaliar o suco concentrado como produto e também como matéria-prima. Essa etapa do trabalho foi chamada estudo da concentração.

No experimento, as matérias-primas utilizadas foram frutas para o estudo da matéria-prima e suco integral comercial para o estudo da concentração.

No estudo da matéria-prima, as frutas foram processadas e divididas em dois lotes. Um desses lotes sofreu tratamento térmico em pasteurizador à placas com temperatura de 88°C por 45 segundos, enquanto o outro não sofreu tratamento. Posteriormente, foram armazenados congelados à temperatura de -18°C.

Análise sensorial do suco de acerola com diferentes teores de polpa mostrou que o suco integral foi o preferido, e conseqüentemente utilizado para o estudo da concentração.

No estudo da concentração, o suco integral comercial foi dividido em dois lotes. O primeiro foi concentrado em evaporador centrífugo Centri-Therm até 16,5°Brix, enquanto o segundo lote não foi concentrado. Posteriormente, os dois lotes foram armazenados congelados à temperatura de -18°C.

Os resultados do estudo da matéria-prima mostraram a estabilidade química, físico-química, sensorial e microbiológica dos sucos tratado e não tratado termicamente. O tratamento térmico provocou uma perda de ácido ascórbico ao redor de 12%. A análise sensorial dos sucos mostrou valores significativamente maiores para o suco não tratado termicamente em relação a todos os atributos avaliados.

Os resultados do estudo da concentração demonstraram a estabilidade química, físico-química, sensorial e microbiológica dos sucos integral e integral concentrado. A concentração até 16,5°Brix provocou 6% de perda de ácido ascórbico, quando utilizado um evaporador centrífugo. Com a avaliação sensorial dos sucos foram obtidos valores significativamente maiores para o suco integral em relação a todos os atributos avaliados, exceto para a cor e o amargor dos sucos. Na avaliação de aceitação do sabor dos sucos adicionados de açúcar, não foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre eles.

## SUMMARY

The effect of heat treatment and concentration of acerola juice were studied at the pilot plant level, and the chemical, physico-chemical, sensory and microbiological stabilities of the products determined during storage.

The effect of heat treatment was studied with a view to the use of whole acerola juice as a raw material for the production of other acerola products, this part of the work being denominated "study of the raw material". The effect of concentration was studied with the object of evaluating the concentrated juice, both as a product and as a raw material for other products. This part of the research was known as "a study of concentration".

Whole fruits were used for the study of raw material and commercial whole juice for the study of concentration.

In the study of raw material, the fruits were processed and divided into 2 batches. One batch was pasteurized in a plate heat exchanger for 45 seconds at 88°C and the other was left untreated. Both batches were stored frozen at -18°C.

Acerola juice with different levels of pulp was submitted to a sensory analysis in order to determine the most preferred level. The whole juice was the most preferred which was therefore used for the study of concentration.

In this study, the commercial whole juice was divided into two batches. The first batch was concentrated to 16.5°Brix in a Centri-Therm centrifugal evaporator and the second batch was left untreated. Both batches were subsequently stored frozen at -18°C.

The results of the study of the raw material showed the chemical, physico-chemical, sensory and microbiological stabilities of both heat-treated and non heat-treated juices. The heat-treatment resulted in a loss of about 12% of ascorbic acid. The sensory analysis gave significantly higher values for the non heat-treated juice for all the attributes evaluated.

The results of the study of concentration showed the chemical, physico-chemical, sensory and microbiological stabilities of both the concentrated and unconcentrated whole juices. Concentration to 16.5° Brix resulted in a 6% loss in ascorbic acid, when centrifugal evaporator was used. The sensory analysis showed significantly higher values for the unconcentrated juice for all the attributes studied with the exception of colour and bitterness. No significant difference ( $p < 0.05$ ) between samples was detected in the evaluation of flavour acceptance when sugar was added to the juices.

## 1. INTRODUÇÃO

A acerola ou cereja-das-Antilhas (*Malpighia puniceifolia* L.) é uma pequena fruta avermelhada originária da região das Antilhas, norte da América do Sul e América Central. No Brasil, esta fruta foi introduzida na década de 50 proveniente de Porto Rico, porém somente na década de 80 o seu cultivo transformou-se a nível de escala comercial (ALVES, 1992).

A cultura de acerola apresenta grande potencial, devido às condições climáticas favoráveis em quase todo o território nacional, facilidade de cultivo, alta produção, bem como pelo importante papel que pode desempenhar na nutrição e saúde da população brasileira (COUCEIRO, 1986). Além disso, o mercado externo, formado principalmente pelos Estados Unidos, Japão e países europeus, apresenta uma alta demanda pela fruta.

A importância da acerola é relacionada ao seu elevado teor de vitamina C, o que motivou o estudo de diferentes pesquisadores em diversas partes do mundo. Porém, esses estudos, além de existirem em pequeno número, basearam-se, na sua maioria, na determinação da composição da fruta. Poucas pesquisas científicas foram realizadas a nível de processamento da acerola, exceção feita a alguns trabalhos existentes sobre a polpa da fruta. Entretanto, muitos outros produtos industrializados como suco, sorvete, geléia, acerola desidratada, liofilizada, em calda, entre outros, podem ser produzidos pelo processamento dessa fruta.

O presente trabalho foi realizado com a finalidade de avaliar a estabilidade do suco integral de acerola tratado e não tratado termicamente, visando a sua utilização como matéria-prima para a produção de derivados da fruta e principalmente para fazer um estudo inicial sobre a concentração do suco da fruta.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A ACEROLA

#### 2.1.1 Histórico

A origem exata da *Malpighia puniceifolia*, inicialmente gerou dúvidas. Sabe-se que antes da descoberta da América, os índios a utilizavam na alimentação e se encarregaram de disseminá-la de ilha em ilha durante suas viagens. A dispersão dessa espécie também foi feita por pássaros migrantes e outros animais. Atualmente, sabe-se que a região de origem compreende as Antilhas, norte da América do Sul e América Central (COUCEIRO, 1986).

Em 1903, a acerola foi introduzida na Flórida vinda de Cuba e a seguir, em outros países do continente americano (SIMÃO, 1971). No Brasil, foi introduzida no Estado de Pernambuco no ano de 1955 pela Universidade Federal Rural daquele Estado, procedente de Porto Rico (UFRPE, 1955). Entretanto, MARINO NETTO (1986) refere-se a acerola como espécie conhecida no Estado de São Paulo há mais de cinquenta anos.

A fruta de *Malpighia puniceifolia* foi inicialmente chamada de acerola e/ou cereja. O nome acerola foi dado, provavelmente, devido a semelhança, no tamanho, cor e forma, com um fruto originário da Espanha de nome *Crataegus azaroles* L., por exploradores espanhóis em Porto Rico. Da mesma forma, o nome cereja foi dado por se parecer com a cereja européia (LEDIN, 1958). Essa fruta apresenta diversos nomes de acordo com o idioma do país, como por exemplo, West Indian Cherry, Barbados Cherry, Jamaica Cherry ou Puerto Rican Cherry nos Estados Unidos; Cereza na Colômbia, Equador e Peru; Semeruco na Venezuela; Cereja-das-Antilhas ou Acerola no Brasil (ASENJO, 1959; MARINO NETTO, 1986). Atualmente, a aceroleira é largamente distribuída através

da América Tropical, África, Antilhas, Hawaí e Índia (SALUNKHE e DESAI, 1984).

### 2.1.2 Botânica

Grande confusão ocorreu no início dos estudos para a classificação botânica dessa planta, sendo a mesma classificada como *Malpighia puniceifolia* e *Malpighia glabra* (SIMÃO, 1971).

KNIGHT (1980) afirmou não estar resolvida a verdadeira identificação taxonômica da fruta. O material genético coletado em Porto Rico foi classificado como *Malpighia puniceifolia* Lineu e aquele da Flórida, América Central e outras áreas como *Malpighia glabra* Millspaugh.

LEDIN (1958) afirmou ser *Malpighia glabra* o nome científico correto da acerola. Outros autores, como AROSTEGUI (1955) e ASENJO (1980), têm considerado os nomes como sinônimos; outros sugerem a acerola como planta híbrida das duas espécies (SIMÃO, 1971).

O gênero *Malpighia* foi denominado em homenagem a Marcelo Malpighi (1628-1693), físico, filósofo e naturalista italiano, que foi um dos primeiros pesquisadores a utilizar o microscópio para o estudo das estruturas animais e vegetais. Esse gênero é composto por 30 a 40 espécies de arbustos e pequenas árvores distribuídas na América Tropical e SubTropical (LEDIN, 1958).

SIMÃO (1971) relatou em estudo detalhado que a aceroleira é um arbusto glabro, de tamanho médio, com 2-3 metros de altura, com ramos densos espalhados. As folhas são opostas, de pecíolo curto, ovadas e elíptico-lanceoladas, com 2,5 a 7,5 cm de comprimento, com a base e o ápice principalmente agudas, inteiras mas frequentemente ondulantes, verde-escuras e brilhantes na superfície superior e verde-pálido na inferior. As flores são dispostas em pequenas cimeiras axilares pedunculadas de três a cinco flores perfeitas, com 1 a 2 cm de diâmetro e

de cor rosa esbranquiçada a vermelho; o cálice tem de seis a dez grandes sépalas sésseis; a corola é composta de cinco pétalas franjadas ou irregularmente dentadas, com garras finas; há dez estames, todos perfeitos com filamentos unidos embaixo. As drupas são vermelhas ou escarlates, ovóide-deprimidas, com 1 a 3 cm de diâmetro e de casca fina, com polpa macia, sucosa, azeda; elas dispõem-se isoladas ou em panículas de duas ou três em axilas foliares com pedúnculos curtos. Há usualmente três sementes pequenas, cada uma inclusa em um caroço proeminente reticulado com pergaminho e que dão ao fruto um aspecto mais ou menos trilobado.

A diferenciação floral ocorre 8 a 10 dias antes que a primeira gema florífera emerge da axila da folha. Em poucos dias, flores surgem continuamente em todas as axilas das folhas dos ramos anterior e na do ramo do ano. O desenvolvimento da antera e do pólen é quase normal, porém o aborto do saco polínico pode ocorrer.

Remoção de grãos de pólen, de antera ainda não amadurecida, germinaram depois de 48 horas. O período mais favorável à germinação do grão de pólen ocorre das 12 às 16 horas, decrescendo a seguir. Pólen de antera deiscente, normalmente não germina após 24 horas. Estudo de receptividade do estigma e da deiscência da antera mostraram não ocorrer dicogamia. Auto-polinização, bem como polinização cruzada ocorre, parecendo ser a cruzada em alguns casos, a responsável pelo maior tamanho dos frutos. Os ventos e as abelhas não são muito eficientes na polinização; as abelhas dificilmente são vistas visitando flores das plantas desta espécie, e o vento, devido ao tipo de pólen, pouca eficiência apresenta no seu transporte.

O fruto se forma rapidamente, pois do florescimento à maturação gasta-se em média, apenas 22 dias. A frutificação ocorre 3 a 4 vezes durante o ano e em Porto Rico têm sido registradas até sete colheitas. Os frutos variam em tamanho, forma e peso. A forma pode ser oval a subglobosa, o tamanho varia de 1,0 a 2,5 cm, e o peso de 2 a 10 g. Quanto a cor, o fruto apresenta tonalidades diferentes: verde quando em desenvolvimento, passando a amarelo e finalmente vermelho quando

maduro. Os frutos apresentam normalmente três sementes e um suco avermelhado.

Os frutos muitas vezes são chamados de maçã, devido a existência de ácido málico, que comunica à cereja um perfume semelhante a fruta maçã, além da semelhança no formato dessa fruta e na sua cor.

### 2.1.3 Variedades

As variedades foram classificadas, de acordo com o sabor da fruta, em doces e ácidas. As ácidas possuem maior quantidade de ácido ascórbico em relação às doces. Dentro dos grupos ácido e doce, os pesquisadores inicialmente selecionaram clones, levando em consideração o teor vitamínico (NAKASONE, 1968 ; AROSTEGUI, 1955), e posteriormente com relação a outras características desejáveis tais como porte da planta e produtividade; tamanho e açúcares nos frutos (ALVES, 1992).

A Agricultural Experiment Station (University of Porto Rico) selecionou a variedade B-17 e posteriormente a B-15 (grupo ácido); a Tropical Experiment Station (University of Florida) a Florida Sweet ou K-7 (grupo doce); a Hawaii Agricultural Experiment Station (University of Hawaii) a Mamoa Sweet (4-43), Tropical Ruby (9-68), Hawaiian Queen (8E-32) (grupo doce) e J. H. Beaumont (3B-21), C. F. Rehnborg (22-40), F. Haley (3 a\b), Red Jumbo (3B-1), Maunawili (8) (grupo ácido) (COUCEIRO, 1986). Algumas características dessas variedades são apresentadas na Tabela 1.

NAKASONE et alii (1968) também avaliaram características de algumas variedades, doces e ácidas, de acerola. Os resultados encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Características de alguns clones e variedades de acerola

Orgão de Pesquisa	Grupo	Variedade/Clone	Características
Agricultural Experiment Station- University of Porto Rico	Ácido	B-15	Alta produtividade Rica em Vitamina C
Tropical Experiment Station- University of Florida	Doce	Florida sweet(K7)	Alta produtividade Frutos maiores Médio teor em - Vitamina C
Hawaii Agricultural Experiment Station- University of Hawaii	Doce	Mamoa sweet(4-43) Tropical ruby(9-68) Hawaiian Quenn(8E32)	Selecionadas de se- mentes provenien- tes da Flórida
	Ácido	J.H.Beaumont(3B-21) C.F.Rehnborg(22-40) F.Haley(3a\b) Red jumbo(3B-1) Maunawii(8)	Selecionadas de clones da B-17

Fonte: COUCEIRO (1986)

Tabela 2. Características de algumas variedades estudadas de acerola

Variedades	Peso dos frutos (g)	°Brix	Ácido Ascórbico (mg/100g)
<b>Doces:</b>			
4-43	6,2	10,0	1537
9-68	7,2	9,0	1437
10-36	5,7	9,3	1440
4A-8	5,9	8,5	1521
8E-32	6,1	9,6	1577
9-11	5,2	11,0	1487
Florida Sweet	5,9	9,9	1464
<b>Ácidas:</b>			
8	4,3	8,9	1500-2650
3B-21	6,9	11,0	2200-3200
22-40	6,2	8,3	1600-2600
21-28	5,5	11,1	1700-3100
20-26	3,3	8,7	1700-2900
3B-1	9,3	8,7	1700-2800
2A-4	4,9	6,9	1200-2600
19B-16	5,2	9,1	1500-2650
3A-8	4,5	8,2	1400-2900
3A-4	5,1	9,0	1600-2600
269-2	6,7	6,8	1400-2300

Fonte: NAKASONE et alii (1968)

No Brasil, ainda não existem, comercialmente, variedades definidas, sendo este um dos principais fatores que, associado ao plantio de mudas obtidas por via sexuada, levam à grande desuniformidade na produção das árvores brasileiras.

#### **2.1.4 Condições Edafo-Climáticas**

A aceroleira apresenta grande rusticidade, permitindo o seu desenvolvimento em clima tropical e sub-tropical e em quase todos os tipos de solo.

As condições edafo-climáticas ideais para o cultivo dessa planta correspondem à temperaturas na faixa de 25 a 27°C, porém resistem a temperaturas em torno de 0°C; pluviosidade bem distribuída entre 1000 a 1800 mm; altitude de 0 a 800 m e solos de mediana fertilidade com boa drenagem (SIMÃO, 1971; UFRPE, 1985; COUCEIRO, 1986).

#### **2.1.5 Aspectos Culturais Gerais**

A acerola pode ser propagada sexuada ou assexuadamente, por sementes, estaquia, alporquia, mergulhia e enxertia. Ultimamente a maioria dos produtores brasileiros têm propagado as plantas principalmente por via sexuada. Este método apresenta uma série de inconvenientes como: segregação hereditária; baixa taxa de germinação (20 a 30%), atribuída à incompatibilidade na polinização (YAMANE & NAKASONE, 1961) e a consequente ausência ou má formação de embriões (MIYASHITA et alii, 1964).

O plantio em nossas condições, onde o inverno é brando, pode ser efetuado o ano todo. A aceroleira pode ser plantada em espaçamentos variando de 3,0 x 4,0 m até 4,0 x 5,0 m, conforme o porte da planta, fertilidade do solo e tratamentos culturais (SIMÃO, 1971).

A adubação deve ser realizada de acordo com a análise química do solo. MOSCOSO (1956) recomenda uma adubação balanceada com utilização de fórmula 8-8-13 (8% de nitrogênio, 8% de fósforo e 13% de potássio), na proporção de 250 a 500 g por planta, até 04 anos de idade, aplicada duas vezes durante o ano. Para a planta adulta recomenda-se a mesma fórmula, porém na dose de 1,5 a 2,5 Kg divididas em duas parcelas. Nos solos alcalinos pode haver a necessidade de aplicação de micronutrientes.

A acerola é pouco afetada por doenças e pragas, mas pode-se citar cercospora, cochonilhas, ácaros, pulgões e mosca das frutas. Outro problema é representado pelos nematóides de galhas (FERRAZ, 1989).

A colheita de acerola é, atualmente, realizada de maneira manual. O início da frutificação ocorre no segundo ano para as plantas propagadas vegetativamente e em dois anos e meio para as propagadas por sementes. A planta frutifica três a quatro vezes por ano, sendo que em Porto Rico foram registradas até sete colheitas. A produtividade varia, devido a grande diversidade genética, de 20 a 50 Kg/árvore/ano em plantios comerciais.

### **2.1.6 Fisiologia dos Frutos**

Os frutos durante a sua maturação apresentam uma série de modificações bioquímicas. Essas mudanças incluem transformações nas substâncias pécticas, nos pigmentos, no sabor e odor e nas substâncias de reserva. As alterações de cor dos frutos durante a maturação estão relacionadas com a diminuição do conteúdo de clorofila e com a síntese de pigmentos carotenóides ou antociânicos ou ambos. Esta última alteração é a característica mais evidente do processo de maturação, de acordo com GUADARRAMA (1984).

Outras modificações observadas por este autor correspondem a diminuição de acidez titulável, aumento dos açúcares redutores, devido a degradação de carboidratos e a diminuição no conteúdo de ácido

ascórbico, principalmente quando o fruto passa do estado "de vez" para o maduro.

A distribuição de ácido ascórbico, ácido dehidroascórbico e ácido dicetogulônico no fruto de acerola em diversos estágios de desenvolvimento foram estudados por DEL CAMPILLO & ASENJO (1957) e MEDEIROS (1969). Os primeiros autores observaram a distribuição dos ácidos desde a forma incipiente do fruto até completamente maduro, e verificaram haver pequena variação entre os três ácidos. A distribuição corresponde a 90 a 95% de ácido ascórbico, 4 a 6% de dehidroascórbico e 1 a 4% de dicetogulônico. MEDEIROS (1969) encontrou resultados similares.

Experimento realizado por LÓPEZ (1963) mostrou a correlação positiva e negativa existente entre a porcentagem de frutas maduras de acerola com o Brix e a quantidade de ácido ascórbico, respectivamente.

### 2.1.7 Características Físico-Químicas

As análises aproximadas de acerola têm sido estudadas extensivamente por vários autores (ASENJO, 1946; MUNSELL et alii, 1950; DERSE, 1954; MILLER et alii, 1961; ROCHA, 1988). Essas determinações são, na maioria dos casos, realizadas para os frutos nos estágios de maturação "de vez" ou parcialmente maduro (casca do fruto de coloração amarelada passando para avermelhada) e maduro (casca de cor vermelho intenso). ASENJO & MOSCOSO (1950) e ROCHA (1988) determinaram as características físico-químicas nesses dois estágios de maturação e os resultados estão expressos na Tabela 3.

A acidez total da acerola varia proporcionalmente com a quantidade de ácido ascórbico presente, mas não de forma linear. Isto ocorre devido a presença de outros ácidos, em particular, o ácido levomálico, que constitui 25 a 50% do total de ácidos presentes na acerola (SANTINI, 1952a). Esse mesmo autor em experimento, mais detalhado, aplicando o método de Hartman para ácidos polibásicos,

Tabela 3. Características Físico-Químicas da Acerola (Fruta)

Determinações	Estágio de Maturação			
	"De Vez"		Maduros	
	1*	2**	1	2
Umidade (%)	95,25	74,3-95,5	96,04	78,5-91,0
Carboidratos (%)	3,30	---	3,15	---
Proteínas (Nx6,25)(%)	0,71	---	0,21	---
Extrato Etéreo (%)	0,26	---	0,23	---
Cinzas (%)	0,48	---	0,37	---
°Brix (20°C)	4,70	5,1-6,6	6,00	4,5-7,2
pH	3,30	3,1-3,3	3,30	3,1-3,3
Acidez Total (mg/100g)	17,39	---	17,83	---

Fonte: 1\* :ROCHA (1988)

2\*\* : ASENJO & MOSCOSO (1950)

verificou que o ácido levomálico representa 50%; ácido ascórbico 24%; ácido dehidroascórbico 13% e ácidos não identificados 13% dos ácidos totais. Mais tarde, observou-se a presença de traços de ácido cítrico (SANTINI & HUYKE, 1956b).

O Brix da acerola apresenta valores menores nos frutos "de vez" em relação aos maduros, isto devido aos processos bioquímicos de produção de açúcares solúveis a partir do amido resultantes do amadurecimento da fruta (FENNEMA, 1982).

SANTINI & HUYKE (1956) em estudo com cromatografia qualitativa observaram a presença de glicose, frutose e sacarose no suco fresco de acerola. A quantidade de açúcares redutores em suco de acerola determinadas em vários clones com frutas "de vez" e maduras feitas por ASENJO & MOSCOSO (1950) mostraram existir pequena variação de valores entre os clones. ASENJO (1978) relatou valores de 3,4% para o teor de açúcares totais.

O teor de proteína apresenta-se mais elevado nos frutos "de vez", pois nesse estágio ocorre aumento na síntese de enzimas específicas para promover mudanças bioquímicas que resultam no desenvolvimento das características organolépticas próprias (GALSTON & DAVIES, 1972).

ASENJO (1978) em experimento realizado para avaliar a composição química de acerola encontrou valores de 0,32% para o teor de pectina.

A acerola é uma fonte pobre de vitaminas do complexo B como tiamina, riboflavina e niacina, porém é uma fonte regular de provitamina A e excepcional fonte de vitamina C (MILLER et alii, 1961). Os valores vitamínicos da fruta obtidos por alguns autores são mostrados na Tabela 4.

DERSE & ELVEHJEM (1954) obtiveram 0,61 mg de  $\beta$ -caroteno por 100g de suco de acerola. LEDIN (1958) considera essa fruta como

excelente fonte de vitamina A pois contém 0,62 mg por 100g e todos os frutos com teor acima de 0,60 mg por 100g são considerados excelentes fontes dessa vitamina. FONSECA, NOGUEIRA & MARCONDES (1969) verificaram a presença de 0,59 mg por 100g de  $\beta$ -caroteno em frutos parcialmente maduros e 1,026 mg por 100g em frutos maduros. LEME et alii (1973) determinaram  $\beta$ -caroteno em frutos maduros, obtendo resultados de 0,2 a 0,59 mg por 100g.

A acerola não é considerada uma fonte de minerais como cálcio, fósforo e ferro (MILLER et alii, 1961). Determinações feitas por MUNSELL et alii (1950), DERSE & ELVEHJEM (1954), CANCIO & LEON (1959) e MILLER et alii (1961) demonstraram que a acerola não é considerada uma fonte significativa de minerais. Algumas determinações de minerais presentes na fruta são mostradas na Tabela 4.

O suco de acerola apresenta mudança na coloração, passando de vermelho brilhante para amarelo pálido, após a pasteurização, e este torna-se amarronzado e com produção de  $\text{CO}_2$  após alguns meses de armazenamento à temperatura ambiente.

SANTINI & HUYKE (1956) realizaram um experimento e sugeriram a cor vermelha em acerola ser causada pelo pigmento do grupo das antocianinas, pois as curvas de espectrofotometria do suco mostraram uma faixa de absorção entre 220 e 500 nm (SONDHEIMER & KERTESZ, 1948) e o extrato da fruta em álcool isobutílico mostrou a característica de antocianina azul-púrpura no topo da coluna cromatográfica preenchida com alumínio ativo (NEBESKY et alii, 1949).

Nesse mesmo experimento os autores extraíram a antocianina presente na acerola, pelo método utilizado por SONDHEIMER & KERTESZ (1948). Determinaram as características de solubilidade em água, resultando em uma solução vermelho-violáceo; redução da solução de Fehling quando em ebulição e formação de uma solução violeta com

Tabela 4. Composição de Minerais e Vitaminas da Acerola (Fruta)

Ítem	Valor (mg/100g de polpa)	
	1*	2**
<b>Minerais:</b>		
Cálcio	8,70	8,2-34,6
Fósforo	16,20	33,6-37,5
Ferro	0,17	1,0-1,1
<b>Vitaminas:</b>		
Caroteno (Vit. A)	0,408	0,3-0,42
Tiamina (Vit. B1)	0,028	0,004-0,024
Riboflavina (Vit. B2)	0,079	0,038-0,043
Niacina (Vit. PP)	0,340	0,464-0,526

Fonte: 1\* :MILLER et alii (1961)  
 2\*\* :MUNSELL et alii (1950)

adição de hidróxido de sódio mudando para verde-azulada quando adicionado de maior quantidade de hidróxido de sódio. A cor desaparece quando a solução muito diluída é aquecida. Todas essas propriedades são idênticas às listadas para hirsutina e malvidina-5G (GILMAN, 1944). Nenhum ponto de fusão foi obtido com a antocianina de acerola cristalizada quando aquecida a temperaturas maiores de 300°C. Este dado é concordante com o encontrado na literatura para cloreto de malvidina 5-G. A presença da malvidina-5G também é confirmada por ASENJO (1978).

SONDHEIMER & KERTESZ (1953) observaram a diminuição do nível de degradação das antocianinas em condições que diminuem o nível de oxidação do ácido ascórbico, como diminuição de oxigênio e adição de agente quelante como thiourea (quelante de íons Cu que é catalizador da oxidação de ácido ascórbico).

ROCHA (1988) verificou a importância do oxigênio como principal fator de degradação da antocianina do suco de acerola, seguido de outros, tais como: pH, temperatura, ácido ascórbico e enzimas.

NEBESK et alii (1949) em experimento realizado sobre o efeito do tempo e temperatura de estocagem, e sua relação com oxigênio, luz, açúcar, pH e ácido ascórbico, na determinação da cor de sete sucos de frutas e em soluções purificadas com antocianina de morango e groselha observaram ser a temperatura de estocagem e a quantidade de oxigênio os mais específicos agentes responsáveis pela deterioração da cor durante a estocagem dos sucos.

Na acerola foram identificados os carotenóides  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina e fitoflueno, sendo o principal o  $\beta$ -caroteno, ultrapassando 90% do teor de carotenóides totais. A Tabela 5 mostra a composição de carotenóides de amostras de acerola provenientes de Pernambuco.

Tabela 5. Composição de Carotenóides de acerola proveniente do Estado de Pernambuco

Carotenóide	Valor ( $\mu\text{g/g}$ polpa)
Fitoflueno	traços
$\alpha$ -Caroteno	$0,1 \pm 0,1$
$\beta$ -Caroteno	$25,8 \pm 4,4$
$\beta$ -Criptoxantina	$3,6 \pm 0,7$

Fonte: CAVALCANTE (1991)

CAVALCANTE (1991) verificou alteração qualitativa dos carotenóides no processamento de suco de pitanga. Os carotenóides presentes na fruta permaneceram no suco, porém apareceram dois isômeros, o cis-caroteno e o cis-licopeno.

O sistema conjugado de duplas ligações dos carotenóides torna-os altamente susceptíveis a degradação. No seu estado natural, a ultraestrutura celular e a complexação com proteínas os tornam estáveis. Pela destruição desta ultraestrutura e dos complexos, como comumente acontece no processamento de alimentos, os carotenóides se tornam mais labéis. A maior causa de degradação é a oxidação, que depende de fatores como: oxigênio, temperatura, exposição à luz, acidez, presença de metais e atividade de água (CHICHESTER & MACFECTERS, 1971). A degradação enzimática dos carotenóides por oxidases pode ocorrer

principalmente em alimentos não branqueados (SISTRUNK & CASH, 1970).

Normalmente, os carotenóides apresentam-se na forma trans por serem mais estáveis. Sob condições de pH baixo e temperaturas altas, sofrem isomerização para a forma cis, que culmina em uma queda no valor de vitamina A e diminuição da cor. GORTNER & SINGLETON (1961) demonstraram que a destruição da ultraestrutura de abacaxi ocorrida durante o processamento foi capaz de liberar ácidos da fruta, suficientes para causar um aumento dos isômeros cis dos carotenóides e perda de cor (ONGULESI & LEE, 1979).

Em estudos das mudanças na composição dos carotenóides durante a pasteurização (99°C por 30 segundos) e estocagem de purê e flavedo de laranja Valência provenientes da Espanha, VALADAN & MUMMERY (1981) concluíram, que apesar da acidez e temperatura de processamento, somente dois carotenóides dos 14 passaram para a forma cis: violaxantina e flavoxantina. Uma parte da violaxantina já estava na forma cis antes do processamento, e a outra passou de 15-cis-violaxantina para cis-9-violaxantina após o processamento.

Os efeitos do tratamento térmico e da estocagem em sucos de goiaba cultivar IAC-4 foi observado por PADULA & RODRIGUES-AMAYA (1987). Neste trabalho concluíram que houve perdas de licopeno de 13,5% diminuindo de 31,0 para 26,0µg/g, porém as análises estatísticas não revelaram perdas significativas. O cis-licopeno aumentou de 1,2 para 7,8µg/g durante o processamento. Durante os dez meses de estocagem, houve uma perda de 25% de licopeno e 63% do cis-licopeno. O β-caroteno permaneceu estável durante o processamento, e uma perda insignificante foi detectada durante a estocagem. Isto veio mostrar que o valor de vitamina A foi praticamente preservado, já que as maiores perdas verificaram-se em carotenóides que não possuíam atividade vitamínica.

Estudando os efeitos do processamento sobre o teor de β-caroteno em acerolas liofilizadas, LEME Jr. et alii (1973) observaram que não

houve perda desse pigmento em dois ensaios de liofilização. As perdas começaram durante a estocagem, a média mensal foi de 3,0 e 1,9% para o primeiro e segundo ensaio, respectivamente. Esta diferença eles atribuíram a temperatura ambiente em que as amostras foram estocadas, já que as liofilizações foram efetuadas em épocas diferentes do ano e as temperaturas de armazenamento variaram.

CAVALCANTE (1991) trabalhou com polpa congelada de pitanga e observou perdas significativas de  $\beta$ -caroteno e  $\beta$ -criptoxantina nos primeiros 30 dias de estocagem. O  $\beta$ -caroteno foi mais sensível e apresentou uma perda de 63%, enquanto a  $\beta$ -criptoxantina 38%. Com relação ao processamento de suco de pitanga verificou-se a mudança imediata na cor, vermelho claro radiante para vermelho terra, do suco.

#### 2.1.8 Vitamina C

A aceroleira adquiriu importância a nível mundial, principalmente devido ao alto conteúdo de vitamina C encontrado em seus frutos, comparável, apenas, ao do camu-camu, fruto nativo da Amazônia, e por isso, é considerada uma das maiores fontes naturais dessa vitamina. Esses valores são 50 a 100 vezes maiores que os encontrados em frutos cítricos (laranja, limão, tangerina), tradicionalmente considerados como fontes de vitamina C (ALVES, 1992).

ASENJO & FREIRE DE GUZMAN (1946) relatam valores em seu experimento entre 1.000 a 3.300 mg de ácido ascórbico por 100g de polpa. MUSTARD (1946) reportou valores de até 4.676 mg/100g na polpa da fruta não madura.

A alta quantidade de ácido ascórbico em acerola foi confirmado por vários pesquisadores em outros países. VIETA DE RUIZ et alii (1946) em Cuba reportaram uma quantidade de 957 mg/100g de polpa. JAFLE et alii (1950) na Venezuela citaram valores de 1130 mg/100g. CRAVIOTO (1951) no México citou valores de 2.520 mg/100g. ROCHA (1988) no Brasil encontrou valores ao redor de 1.500 mg/100g.

A quantidade de vitamina C presente em acerola apresenta diferenças de acordo com a variedade, localização geográfica, estágio de maturação do fruto, época do ano da colheita e métodos culturais. Alguns valores de estudos da quantificação de vitamina C em acerola são mostrados na Tabela 6.

ITOO et alii (1990) compararam a colheita de frutas de acerola em 3 diferentes regiões do Japão com 3 diferentes graus de maturação (verde, "de vez" e maduro). A quantidade de ácido ascórbico da fruta verde foi de 3.200 mg/100g e decresceu com a maturação da fruta. Entre as 3 regiões, a quantidade de ácido ascórbico foi maior em frutas da região mais ao sul do país.

AROSTEGUI et alii (1955) estudaram o clone B-17, selecionado pela Universidade de Porto Rico, e reportou variações no teor de Vitamina C (ácido ascórbico+dehidroascórbico) das frutas coletadas em diferentes épocas. As observações são resumidas na Tabela 7. FITTING & MILLER (1958) observaram uma relação inversamente proporcional entre peso de fruto e quantidade de ácido ascórbico. O contrário foi observado por AROSTEGUI et alii (1955). NAKASONE et alii (1966) afirmou que a quantidade de ácido ascórbico da acerola varia com o clone, métodos culturais, manuseio pós-colheita dos frutos e métodos de processamento. Esse autor ainda afirmou que frutos com maior exposição de luz solar direta durante o seu desenvolvimento, apresentam maior quantidade de ácido ascórbico em relação aos que crescem à sombra.

O suco de acerola apresenta uma alta concentração de ácido ascórbico, tornando-se extremamente instável, principalmente em temperatura ambiente ou acima. Ácido ascórbico, inicialmente, apresenta-se em equilíbrio reversível com o ácido dehidroascórbico. Mais tarde este composto pode sofrer hidratação a ácido 2,3-dicetogulônico. Esta última reação é irreversível. Ácidos diceto tendem a sofrer decarboxilação muito facilmente. Esta reação leva a produção de CO<sub>2</sub> e de produtos de decomposição, além de perda de vitamina C.

Tabela 6. Quantidade de vitamina C de acerola provenientes de diferentes localizações geográficas

Autor	País de origem	Vitamina C * (mg/100g)
Asenjo e Freire de Guzmán (1946)	Porto Rico	2247
Vieta de et alii (1946)	Cuba	956
Mustard (1946)	EUA	2317
Jaffe et alii (1950)	Venezuela	1130
Munsell et alii (1950)	Guatemala	15
Craviotto (1951)	México	2520
Cravioto et alii (1951)	México	125
Guzmán (1953)	Guatemala	26
Asenjo (1956)	Haiti	1180
Asenjo e Santamaria (1957)	Colômbia	1100
Fitting e Miller (1958)	EUA	1945
Brown (1967)	Inglaterra	1625
Fonseca et alii (1969)	Brasil	1975
Leme et alii (1973)	Brasil	1050

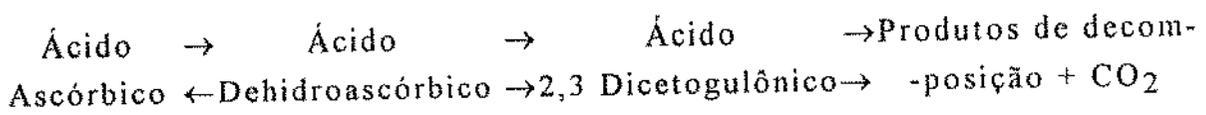
\* : Valores obtidos de frutas em estágio de maturação "de vez".

Fonte : ASENJO (1980)

Tabela 7. Variações na quantidade de vitamina C em acerola (variedade B-17) colhida em diferentes épocas

Identificação	Data de Colheita	Vitamina C (mg/100g suco)
119	08 de junho	1.375
	03 de agosto	1.950
120	08 de junho	1.400
	03 de agosto	2.125
121	08 de junho	1.400
	03 de agosto	2.125
123	08 de junho	1.450
	03 de agosto	2.200
124	08 de junho	1.325
	03 de agosto	2.250

Fonte: AROSTEGUI (1955)



Ácido ascórbico (AA), ácido dehidroascórbico (DHA) e ácido 2,3-diketogulônico (DKA) geralmente ocorrem nessa ordem decrescente nos tecidos das plantas frescas. A reação  $\text{AA} \rightleftharpoons \text{DHA}$  é reversível na planta tão bem como em outro tecido vivo. Além da ação da enzima ácido ascórbico oxidase (TAUBER et alii, 1935) que age diretamente, são conhecidos pelo menos quatro outros sistemas enzimáticos de ação indireta, que catalizam essa reação "in vivo". As frutas frescas contêm 1 a 4% do total de ácido ascórbico presente na forma de ácido diketogulônico. Este valor aumenta com o congelamento da fruta e pode ser observado na Tabela 8. Os resultados obtidos são concordantes com MILLS et alii (1949) que mostraram que os compostos como DKA representaram menos que 5% do total de vitamina C.

Em todos os estágios de desenvolvimento da fruta, a quantidade de ácido ascórbico nunca foi menor que 90% da soma dos três. DHA ou DKA nunca apresentaram valores maiores que 6%, entretanto a quantidade de DHA foi sempre ligeiramente maior que DKA. Em frutos congelados, a quantidade de DKA foi maior que o de DHA (DEL CAMPILLO & ASENJO, 1957).

ITOO et alii (1990) confirmaram os resultados citados anteriormente e verificaram ser ao redor de 90% a proporção de ácido ascórbico reduzido em relação ao total de ácido ascórbico em acerola.

WILLS et alii (1984) estudaram 30 tipos de frutas e vegetais adquiridos em mercados e armazenados à 20°C até ficarem inaceitáveis para o consumo. A quantidade de ácido ascórbico e dehidroascórbico foram analisados em intervalos frequentes durante esse período. Esses autores observaram que das frutas e vegetais frescos, apenas seis produtos demonstraram presença de ácido dehidroascórbico e os outros produtos, exceto aipo (40%), contribuíram com menos de 10%. Durante

Tabela 8. Distribuição do ácido dehidroascórbico (DHA), ácido dicetogulônico (DKA) e ácido ascórbico (AA) em frutas frescas e congeladas de acerola em diferentes estágios de desenvolvimento

Estágio de Desenvolvimento	DHA	DKA (mg/100g)	AA	Total como AA
Fruta Fresca:				
Fruta verde (40%*)	166,0	109,2	2503,3	2778,5
Fruta verde (70%*)	98,9	75,5	2802,0	2976,4
Fruta madura	92,0	59,2	1759,0	1910,2
Fruta congelada:				
Fruta verde (40%*)	57,2	123,2	2378,0	2558,7
Fruta verde (70%*)	81,2	138,6	2505,0	2724,8
Fruta madura	87,5	123,4	1412,0	1622,9

\*: % do tamanho em relação ao tamanho da fruta madura

Fonte: Del CAMPILLO & ASENJO (1957)

a estocagem todos as frutas e vegetais, exceto banana, mostraram aumento de ácido dehidroascórbico.

A literatura cita que, se for realizada somente a determinação de ácido ascórbico na avaliação do teor de vitamina C de um produto, pode-se estar considerando um valor inferior ao real, por não se levar em conta o teor de ácido dehidroascórbico, que também possui atividade de vitamina (MORELL, 1941).

Em vegetais crus, enlatados ou preparados em casa, o ácido dehidroascórbico tem uma concentração baixa. Aumento na quantidade aparece após certas condições adversas de processamento e estocagem. As proporções entre a quantidade de ácido ascórbico total e dehidroascórbico parecem variar muito com o vegetal, condições e tempo de estocagem (WILLS et alii, 1984). Também já se mostrou que, apesar desse valor aumentar durante a estocagem, após certo tempo ele diminui com a passagem de dehidroascórbico a dicetogulônico (MILLS et alii, 1949). Segundo outro autor (NOBLE & HANIG, 1948), as quantidades de ácido dehidroascórbico, após o cozimento, eram similares ou pouco inferiores as da amostra crua, mostrando que, se o ácido ascórbico era oxidado a dehidroascórbico durante o processo, a forma oxidada era tão rapidamente destruída, quanto a forma reduzida. A porcentagem de retenção de ácido ascórbico total e dissolvida na água de cozimento era praticamente a mesma que se obtinha ao se medir a forma reduzida.

Experimento feito por DERSE & ELVEHJEM (1954) mostra análise de vitamina C de suco de acerola com resultados de 1.455 mg de ácido ascórbico e 38,2 mg de ácido dehidroascórbico por 100g de suco.

ASENJO et alii (1960) isolaram com acetona um extrato seco que apresentava atividade de ascorbase em acerola. Essa atividade foi rapidamente perdida quando a fruta foi armazenada em baixa temperatura. A fruta madura apresenta mais ascorbase que a verde, o que explica porque a quantidade de ácido ascórbico das frutas maduras é muito menor que das frutas verdes.

### 2.1.9 Utilizações e Aspectos Tecnológicos

Como a acerola é uma fruta pequena e as sementes são relativamente grandes, o uso da fruta "in natura" é limitado, exceção feita quando pedaços da fruta são cortados e utilizados, por exemplo, em saladas de frutas (MILLER et alii, 1961). A fruta apresenta alta perecibilidade, necessitando de rápida utilização após a colheita (LEDIN, 1958).

A acerola pode ser processada para a fabricação de geléia, suco, xarope, néctar, bala, licor, sorvete, compota, conserva, cápsulas de vitamina C, produto liofilizado e para o enriquecimento de outros sucos de fruta com vitamina C (ALVES, 1992; FITTING & MILLER, 1960; ASENJO, 1980; LEDIN, 1958).

SANTINI & NEVAREZ (1955) realizaram um experimento onde extraíram ácido ascórbico de casca de sementes verdes da fruta. O método utilizado baseia-se na separação e cristalização dos ácidos e envolve o uso de resinas de troca iônica. Os resultados obtidos em laboratório foram considerados altos e estima-se que o rendimento em processo comercial contínuo chegue a 88%.

MUSTARD (1946) observou variação da quantidade de ácido ascórbico em geléia de acerola entre 499 a 763mg (média de 600mg)/100g de geléia e verificou a perda de 50% desses valores em seis meses de estocagem.

ITOO et alii (1990) estudaram a estabilidade térmica e retenção de ácido ascórbico em suco de acerola. A retenção de ácido foi de 88 e 85% após aquecimento do suco por 40 minutos a 80 e 100°C, respectivamente. A quantidade de ácido ascórbico total e reduzido diminuiu em sucos engarrafados e estocados a 20 e 30°C por 200 dias.

FITTING & MILLER (1960) estudaram a retenção de ácido ascórbico em suco de acerola congelado, provenientes de frutos "de vez" e maduros, extraídos por prensagem à quente ou a frio, e observaram que

após 8 meses de estocagem congelado, todos os sucos reteram aproximadamente 82 a 87% de ácido ascórbico.

Acerola desidratada apresentou umidade ao redor de 5 a 12%, grande higroscopicidade, coloração rosa pálida a amarelo pardo e retenção de 18 a 28% da vitamina C inicial (ASENJO, 1980).

LEME et alii (1973) estudaram a estabilidade do ácido ascórbico e do  $\beta$ -caroteno em acerola liofilizada. Verificou-se em dois ensaios realizados que a perda de ácido ascórbico durante a liofilização foi de 6,4 e 3,6% e que a perda média mensal foi de 1,1 e 0,9% durante o armazenamento realizado a temperatura ambiente por períodos de 4 a 9 meses.

## **2.2 SUCO DE ACEROLA**

### **2.2.1 Processamento**

Experimentos com processamento de suco de acerola foram realizados por alguns autores e as etapas do processo utilizadas são relatadas a seguir.

#### **a) Lavagem**

Essa etapa é realizada com a finalidade de eliminar sujidades superficiais do fruto. Essas sujidades podem ser microorganismos, terra, resíduos de inseticidas, etc. ROCHA (1988) citou, em seu experimento com processamento de suco de acerola, a realização de lavagem por imersão das frutas em solução de 20 ppm de hipoclorito de sódio, seguida de aspersão com água potável corrente.

## b) Seleção

Essa etapa é realizada com a finalidade de descartar frutos danificados, verdes ou passados, que alterariam o produto final. A seleção dos frutos foi realizada de maneira manual em experimento de ROCHA (1988).

## c) Extração

Essa operação é feita com a finalidade de separar a polpa das sementes. SANCHES-NIEVA (1955) realizaram a extração da polpa em extratoras que prensavam os frutos em lonas.

FITTING & MILLER (1960) obtiveram extrações com rendimento de 48% de polpa em relação ao peso das acerolas maduras e 35% com acerolas em estágio de maturação "de vez". ASENJO & MOSCOSO (1950) relataram obtenção de 69,6% de rendimento de polpa de acerola por extração manual. LEDIN (1958) afirmou que a acerola contém de 60 a 70% de suco na fruta. SANCHES-NIEVA (1955) utilizou o artifício de desintegrar, antes da extração, os frutos muito firmes com um agitador de alta velocidade e obteve rendimentos de suco de 59 a 73%. Essa variação foi atribuída ao estágio da maturação da fruta antes de ser processada, sendo as frutas mais maduras com maior rendimento em relação às frutas verdes. BROWN (1966) obteve um rendimento de extração de polpa de acerola em laboratório ao redor de 63% para frutas maduras, e observou que o esmagamento ou maceração anterior a extração pode aumentar o rendimento final.

## d) Clarificação

O suco de acerola pode ser integral ou clarificado. A clarificação visa a eliminação das partes sólidas em suspensão e é efetuada pela centrifugação do suco.

Quando os sólidos em suspensão não são completamente extraídos pela centrifugação, o suco pode ser filtrado em filtros de placas (SANCHES-NIEVA, 1955; SALUNKHE & DESAI, 1984).

A perda de ácido ascórbico durante a centrifugação foi de 1 a 2 mg por 100 ml de suco, em experimento realizado por SANCHES-NIEVA (1955).

#### e) Desaeração

Sucos de frutas são desaerados com a finalidade de remoção de oxigênio dissolvido, diminuindo alterações no sabor e reduzindo a oxidação do ácido ascórbico (PILLEY & VON LOESECKE, 1939).

#### f) Pasteurização

A pasteurização é utilizada com a finalidade de destruição de microorganismos patogênicos ou deterioradores de baixa resistência ao calor (CAMARGO et alii, 1984).

Em experimento de SANCHES-NIEVA (1955) o suco de acerola foi tratado termicamente ("flash-pasteurization") em um trocador de calor tubular a uma temperatura de 88°C durante 45 segundos, sendo a perda de ácido ascórbico ao redor de 2 %. ROCHA (1988) relatou a ausência de unidades formadoras de colônia em suco de acerola pasteurizado a 70°C por 15 minutos.

#### g) Acondicionamento

O acondicionamento pode ser feito em latas como realizado em experimento de SANCHES-NIEVA (1955) e também citado por SALUNKHE & DESAI (1984), em garrafas de vidro como feito por ROCHA (1988) e FITTING & MILLER (1960) ou em outro tipo de embalagem apropriada para suco de acerola.

## h) Resfriamento

O resfriamento é feito com a finalidade de evitar o sobrecozimento do produto, evitando assim maiores alterações nas suas qualidades sensoriais, físicas, químicas e físico-químicas. Essa etapa pode ser realizada no próprio trocador de calor após o tratamento térmico, como por exemplo no trocador de calor à placas. ROCHA (1988) efetuou o resfriamento após o acondicionamento por meio de água corrente.

## i) Armazenamento

O suco de acerola pode ser armazenado a temperatura ambiente, resfriado ou congelado (SALUNKHE & DESAI, 1984).

SANCHES-NIEVA (1955) observou uma perda de 53,5 a 81,5% de ácido ascórbico em suco de acerola enlatado após um ano de armazenamento a temperatura ambiente (28°C), sendo que após um mês de estocagem cerca de 4 a 10% de ácido ascórbico já havia sido perdido e as latas apresentavam estufamento. Entretanto, quando estocadas a 7°C a perda foi de 10,8 a 21,2% durante um ano.

Em experimento realizado por FITTING & MILLER (1960), os efeitos do congelamento e do tratamento térmico na retenção de ácido ascórbico foram estudados e observaram que sucos congelados e acondicionados em sacos plásticos apresentavam uma retenção de ácido ascórbico de 82 a 87%, enquanto sucos submetidos a tratamento térmico de 100°C por 3 minutos e engarrafados em condições estéreis e armazenados à temperatura ambiente perderam 60% do ácido ascórbico após oito meses de estocagem.

### 2.2.2 Características Físico-Químicas e Reológicas do Suco

As características físico-químicas do suco de acerola são apresentadas na Tabela 9 (ROCHA, 1988). Essas características são

Tabela 9. Características Físico-Químicas do Suco de Acerola

Características	Suco	
	NP*	P**
pH	3,3	3,3
°Brix (20°C)	6,0	6,0
Acidez (meq/100g)	18,76	17,78
Densidade	1,024	1,010
Ácido Ascórbico (mg/100g)	1457	1405
Viscosidade (cP)	4,599	4,608
Brix/Acidez	0,32	0,34
Açúcares: Totais (g/100g)	4,1	4,1
Redutores (g/100g)	3,4	3,4

(\*) : Não Pasteurizado

(\*\*): Pasteurizado

Fonte: ROCHA (1988)

referentes ao suco de acerola integral pasteurizado a 70°C por 15 minutos, e não pasteurizado.

O estudo das propriedades reológicas dos alimentos tem um papel importante na ciência e tecnologia desses produtos. As propriedades reológicas estão intimamente relacionadas com a composição e estrutura dos alimentos, influenciando diretamente na textura, e portanto, na qualidade sensorial destes. Por outro lado, é de grande interesse industrial, o conhecimento do comportamento reológico dos alimentos durante o processo de elaboração (concentração, mistura, pasteurização e outras operações unitárias) tanto para as condições de processamento como para o projeto e seleção de equipamentos (DURÁN, 1991).

### **2.2.3 Propriedades Organolépticas**

SANCHES-NIEVA (1955) observou alteração da cor do suco quando aquecido e afirmou que essa mudança pode ser atribuída a decomposição da antocianina que apresenta comportamento similar quando aquecida com ácido ascórbico. Enlatamento do suco à vácuo, seguido de pasteurização, resultou em pequena mudança na cor. Este mesmo autor observou neste experimento uma mudança no sabor do suco de acerola durante o aquecimento e enlatamento. O sabor agradável do suco fresco foi alterado durante o aquecimento para um sabor "de feno".

Em trabalho realizado por FITTING & MILLER (1960), verificou-se a mudança de coloração, de suco engarrafado e armazenado à temperatura ambiente, de cor rosa para um rosa pálido após três meses. Além disso, não verificaram trocas perceptíveis no sabor de sucos congelados e engarrafados armazenados à temperatura ambiente após uma estocagem de oito meses.

#### 2.2.4 Aspectos Econômicos

CLEIN (1956) relatou como uma das primeiras utilizações comerciais do suco da acerola o seu uso como enriquecedor de vitamina C de outros sucos.

O cultivo em escala comercial dessa frutífera desenvolveu-se em algumas regiões tropicais e subtropicais do continente americano, mais especificamente na região do Caribe e América Central, Estados Unidos e Norte da América do Sul, além de alguns países onde o consumo é mais elevado, como o Japão. Na década de 1980, com a crescente demanda do mercado externo, a acerola ganhou "status" de pomar comercial no Brasil, onde existem alguns plantios comerciais de pequeno e médio porte instalados, e outros em fase de implantação, nos Estados da Bahia, Pará, Paraíba, Paraná, Pernambuco, Rio Grande do Norte e São Paulo (ALVES, 1992).

O Japão, conforme VAZ (1990), está interessado em importar US\$ 30 milhões em suco concentrado, polpa e fruta "in natura", mas a produção brasileira é insuficiente para atender a demanda. O preço médio da fruta no exterior é de US\$ 0,7/Kg, e o suco atinge cotação de US\$ 1,35 mil a tonelada. De acordo com YOSHIDA (1990), o suco comercializado no Japão em garrafas de 50 ml, custa para o consumidor US\$ 1,25. No mercado interno, segundo RIBEIRO (1991), os agricultores em Tomé-Açu/PA recebem US\$ 0,5/Kg, contra um custo de produção de US\$ 0,25/Kg.

BENSIMON (1991) citou o Brasil como maior exportador mundial de acerola e que este país produz 2.500 toneladas anuais no Nordeste e espera duplicar sua produção até 1995.

### 2.3 CONCENTRAÇÃO

A maioria dos alimentos líquidos encontrados para consumo são soluções ou suspensões aquosas. A quantidade de sólidos nesses

alimentos é baixa, geralmente na faixa de 8 a 16% (DESHPANDE et alii, 1984).

A concentração desses alimentos apresenta a vantagem de reduzir a necessidade de espaço para armazenamento; diminuir os custos de transporte e embalagem e conferir maior estabilidade ao produto (ROBBINS & GRESSWELL, 1971).

Sucos de frutas são misturas aquosas com grande parte de compostos orgânicos instáveis e voláteis. Eles são sensíveis ao calor e sua cor e sabor deterioram-se rapidamente com o aumento da temperatura do processo. Em temperaturas não muito elevadas, muitos desses compostos são instáveis. Em temperaturas entre 40 e 70°C, reações catalizadas por enzimas podem alterar as propriedades do suco em poucos minutos, sendo necessário tratamento térmico para inativar essas enzimas. Ao mesmo tempo, para a obtenção de um produto de qualidade, é essencial adequada condição sanitária. Como os aromas voláteis proporcionam uma longa variação das sensações de sabor, pequenas alterações durante a concentração podem alterar de maneira significativa a qualidade sensorial do produto final. O objetivo da concentração é obter um produto inalterado tanto na qualidade como em valor nutritivo e que possa ser reconstituído simplesmente pela adição de água (SIOZAWA & QUAIST, 1975).

THIJSEN descrito por DESHPANDE et alii (1984) relatou que para a obtenção de um produto concentrado de alta qualidade é necessário baixa temperatura no processo; curto tempo de residência; processo quase estéril e retirada seletiva de água, isto é, a maior proporção de todos os componentes, exceto água, devem ser retidos no produto concentrado.

O processo de concentração de sucos de frutas pode ser genericamente classificado baseado na mudança ou não da fase da água durante a sua remoção. Os processos que proporcionam a troca de fase são a evaporação e destilação, pervaporização e cristalização ou

congelamento. Nos processos de osmose direta ou reversa não é necessária a mudança de fase do solvente (DESHPANDE et alii, 1984).

Na pervaporização, os sucos de fruta são concentrados pela utilização de membranas formadas por polímeros que possuem permeabilidade seletiva à água (THIJSEN & MIDDELBERG citado por DESHPANDE et alii, 1984). Diferente de outros processos de separação por membranas, a concentração por pervaporização envolve a mudança de fase do solvente. A água do lado com vapor de membrana pode ser removido por uma corrente de gás seco ou pela aplicação de vácuo abaixo do equilíbrio da pressão de vapor de água na membrana. A maior vantagem desse processo é a retenção dos constituintes do aroma dos sucos de fruta que poderiam ser perdidos com o vapor de água.

Na osmose direta, osmose reversa e ultrafiltração, o processo de separação por membranas não provoca a troca de fase do solvente, e pode seletivamente retirar água de várias soluções aquosas à temperatura ambiente. Na osmose direta, quando soluções aquosas de diferentes concentrações são separadas, com pressão igual, por uma membrana semipermeável (permeável à água, mas impermeável a compostos de baixo peso molecular), a água passará da solução mais diluída para a mais concentrada, isto é, de soluções de baixo Brix para soluções de alto Brix. Geralmente, devido a presença de moléculas do soluto, o potencial ou a atividade química do solvente é menor em soluções concentradas às diluídas. A alta atividade do solvente tenderá a mudar para uma baixa atividade e reduzir o total de energia livre no sistema. Espontânea transferência de água ocorre das soluções de baixa para as de alta concentração até a pressão osmótica do sistema iguale-se com a pressão atmosférica. Se pressão é aplicada na solução concentrada em quantidade superior a pressão osmótica, a água passa através da membrana em direção oposta ao fluxo osmótico normal. Este processo é conhecido por osmose reversa. Este processo tem sido reconhecido como um que apresenta potencial para operar com alta eficiência termodinâmica (SIEVEKA, 1963).

A ultrafiltração é similar a osmose reversa, mas se utiliza de uma membrana mais porosa. Portanto, na ultrafiltração apenas moléculas grandes são retidas pela membrana, enquanto a maioria das moléculas de soluto, incluindo sais, açúcares, ácidos e a maioria dos compostos do sabor são permeáveis (KAREL, 1975a).

A evaporação é a operação de concentração de soluções pela ebulição do solvente, sob condições controladas de temperatura, umidade e fluxo de ar. Evaporação é definida pela remoção por vaporização de parte do solvente (geralmente água no caso de alimentos líquidos) da dispersão ou solução de solutos essencialmente não voláteis (KAREL, 1975). O termo evaporação é frequentemente utilizado quando o produto resultante está ainda no estado semi-sólido ou líquido.

Evaporação é provavelmente o processo de concentração mais antigo conhecido pelo Homem. Um dos métodos mais primitivos de evaporação, a evaporação solar, ainda é utilizado nos dias de hoje, como por exemplo, na produção de sal. Até o momento, a evaporação é considerada o método mais desenvolvido, economicamente mais favorável, e o mais amplamente utilizado para a concentração de alimentos líquidos (KAREL, 1975).

Para os alimentos líquidos em que a qualidade não é determinada pela composição do seu aroma, a evaporação pode ser conduzida na temperatura de ebulição do líquido. Entretanto, a qualidade da maioria dos alimentos líquidos é influenciada primeiramente pelas suas características de aroma. Quase todos os componentes do aroma e sabor dos alimentos são compostos com baixo ponto de ebulição. Portanto, eles podem ser removidos antes da remoção da água ou podem ser destruídos de acordo com a sua estabilidade térmica. Baixas temperaturas no processo são, portanto, requeridos para os alimentos líquidos. O ponto de ebulição desses líquidos podem ser diminuídos com a diminuição da pressão. A remoção de água pela redução da pressão, e também com redução de temperatura, é conhecido como evaporação à vácuo (THIJSEN descrito por DESHPANDE et alii, 1984).

Devido a sensibilidade ao calor de muitos produtos, a evaporação é usualmente efetuada sob vácuo (baixa pressão); nestas condições, grande quantidade de umidade pode ser removida do alimento líquido, sem significativa redução na qualidade dos componentes sensíveis ao calor. Entretanto, a concentração de sucos de fruta por evaporação a vácuo é ainda um processo severo (RUAS, 1986).

MILLENVILLE & ESKEN descrito por DESHPANDE et alii (1984) relataram durante a concentração por evaporação a vácuo de suco de maçã que os primeiros 10% de suco vaporizado continham todos os constituintes voláteis do sabor. Comercialmente, os componentes voláteis do aroma são recuperados em colunas de destilação e adicionados de volta ao produto concentrado. Um método simples para reestabelecer parcialmente a qualidade do produto final é adicionar suco fresco ("cut back") ao concentrado. Porém a diluição do suco concentrado com suco fresco torna impraticável a obtenção de produtos com alta concentração de sólidos.

O processo de evaporação é profundamente afetado pelas características do líquido a ser concentrado. As propriedades mais importantes que influem nesse processo são a concentração do líquido, formação de espumas; sensibilidade térmica do produto; formação de incrustações e materiais e construção dos evaporadores (SIOZAWA e QUAST, 1975).

Os evaporadores podem ser com aquecimento direto ou indireto. Aquecimento direto significa troca de calor com o meio de aquecimento em contato direto com o produto a ser aquecido (SIOZAWA & QUAST, 1975). Entre os evaporadores de aquecimento direto, pode-se citar o evaporador atmosférico; evaporadores "flash" (HEID & JOSLYN citado por DESHPANDE et alii, 1984) e o tipo "spray" a vácuo (CASIMIR & DEFFORD descrito por DESHPANDE et alii, 1984). Nos evaporadores de aquecimento indireto, o líquido a ser concentrado flui continuamente através de uma superfície trocadora de calor que separa o produto do meio de aquecimento. Este pode ser desde vapor de água a alta pressão (185°C) até vapor de amônia (16°C) ou outros fluídos, que fornecem o

calor latente de condensação. A superfície de aquecimento geralmente é uma parede de metal na forma de uma placa, tubular ou cônica, ou paredes como nos tachos. Entre os evaporadores de aquecimento indireto pode-se citar os tachos abertos e à vácuo (BRENNAN et alii, 1969); evaporadores com trocadores de calor de "tubos e carcaças" (BRENNAN et alii, 1969); evaporadores de placas (GRAY, 1971) e evaporadores de película líquida agitada mecanicamente (CASIMIR & DEFFORD apud DESHPANDE et alii, 1984).

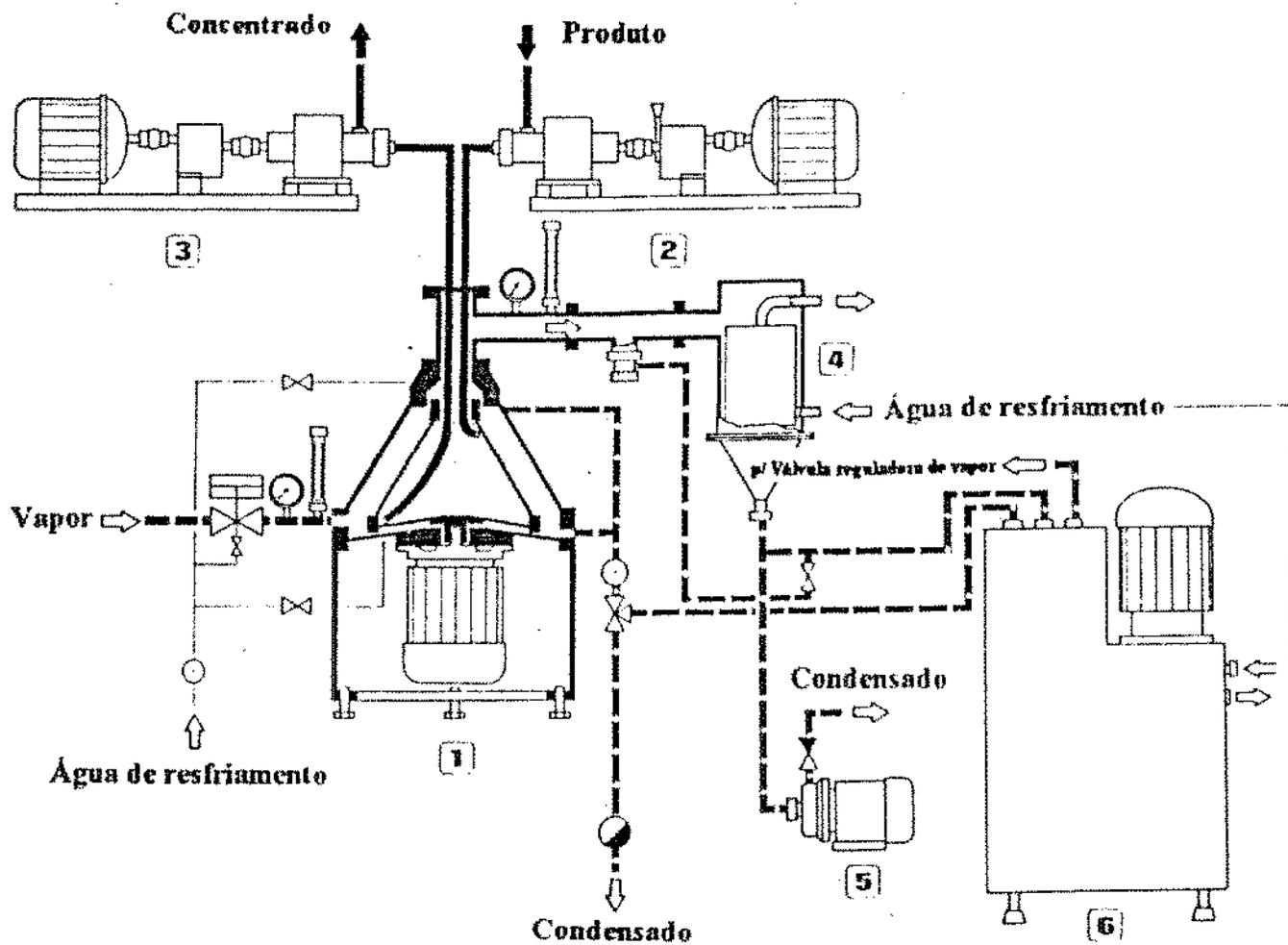
A principal resistência à transmissão de calor do vapor de água para o líquido em ebulição, em um evaporador, situa-se na parede metálica e no lado líquido. Um dos métodos para diminuir essa resistência é o aumento da turbulência por agitação mecânica da película líquida. Lâminas, limpadores, bocais, pulverizadores ou outros dispositivos mecânicos são usados para formar e manter uma película fina de líquido na superfície de troca de calor. Auxílio mecânico serve para impor um componente radial não gravitacional de força, assim para se opor à gravidade e/ou distribuir o líquido uniformemente em uma película contínua, para evitar manchas locais de superaquecimento e secagem. Algumas unidades verticais de superfície raspada empregam somente força gravitacional para forçar o líquido através do equipamento. Portanto, não há controle positivo sobre o tempo de residência do líquido, nem sobre a distribuição de menor extensão em pequenos fluxos, e tampouco quando o fluxo do líquido aumenta muito. Unidades de superfícies cônicas de troca de calor empregam um componente pequeno não radial de força derivada geometricamente, para tentar controlar o tempo de residência e a distribuição do líquido sobre a superfície. Em unidades horizontais, a força gravitacional não está na direção do fluxo, de modo que o tempo de residência pode ser controlado exatamente pela continuidade do próprio escoamento do fluido. Ao lado de algumas velocidades críticas do rotor, a força gravitacional é desprezível e manchas secas localizadas podem ser completamente evitadas (DAVIS & BAIRD citado por DESHPANDE et alii, 1984).

Os problemas de distribuição satisfatória do produto sobre a superfície e de manutenção de adequada razão de transmissão de calor

agravam-se na evaporação de produtos altamente viscosos e contendo sólidos em suspensão. Nestes casos um método de pulverização mecânica sobre a superfície de troca de calor tem grande vantagem (CASIMIR & DEFFORD descrito por DESHPANDE et alii, 1984). Os diversos fabricantes empregam termos tais como "película agitada", "superfície varrida" ("swept surface"), "película limpada" ("wiped film"), etc., para descrever seus sistemas.

Nos evaporadores centrífugos (Figura 1), o líquido é aplicado sobre uma superfície cônica aquecida em movimento. A superfície de troca de calor é constituída de cones truncados movendo-se em alta rotação, e não estacionários como acontece em outros evaporadores de película agitada. Geralmente, esses cones são empilhados. Cada conjunto cônico é constituído de dois cones de aço inoxidável, um colocado dentro do outro, e soldados entre si no topo entre eles. O vapor de aquecimento penetra nesse espaço oco, aquece as paredes e condensa-se sobre a parede do cone interior, que é resfriado pelo líquido que esta sendo concentrado. O vapor condensado é arremessado pela força centrífuga de encontro à parede do cone externo, escorre ao longo desta e sai através de orifícios radiais existentes no anel da base dos cones. Conseqüentemente, o lado do vapor é continuamente mantido livre de água, obtendo-se, ainda, condensação em forma de gotículas, o que assegura um alto coeficiente de transmissão de calor (MALIKI & VELDSTRA, 1967). Esses cones ocios estão presos num eixo rotativo tubular (HALSTROM descrito por DESHPANDE et alii, 1984).

O vapor de aquecimento é introduzido no aparelho através desse eixo tubular, enquanto o vapor condensado é removido por meio de um cano especial de saída colocado dentro desse eixo. O líquido a ser evaporado é alimentado através de um tubo principal do topo do evaporador para um distribuidor, que consiste de um certo número de bifurcações com aspersores, pelos quais o líquido é pulverizado sobre a superfície rotativa de aquecimento, na direção em que o cone se move. A velocidade de escoamento do líquido alimentado é igual a velocidade



1-Centri-Therm

2-Bomba de Alimentação

3-Bomba de Concentrado

4-Condensador

5-Bomba de Condensado

6-Bomba de Vácuo

Figura 1. Evaporador centrífugo tipo Centri-Therm

da superfície cônica, de modo a prevenir formação de gotas e salpicos. Devido a força centrífuga, o líquido move-se rapidamente para fora através da superfície do cone, caindo num canal, de onde passa por orifícios axiais para a borda do elemento de cone e sobe para um canal de concentrado. Daqui o concentrado é retirado para fora do evaporador por meio de um dispositivo estacionário (SIOZAWA & QUAST, 1975).

O processo de evaporação geralmente é completado em uma única passagem do produto sobre a superfície de aquecimento. Recomenda-se, para líquidos de baixa viscosidade, uma espessura de película de 0,102 mm e tempo de contato de 0,5 a 2,0 segundos sobre a superfície de troca de calor, enquanto o tempo de residência médio medido, incluindo a retenção da alimentação e a descarga, é da ordem de 10 a 20 segundos (SHINN, 1971; BRENNAN et alii, 1969). Atualmente é muito empregado na concentração de extrato de café e sucos de fruta sensíveis de calor (SIOZAWA & QUAST, 1975).

### **3.MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIAL**

Para o estudo do suco integral de acerola como matéria-prima utilizou-se frutas obtidas de produtor da região de Campinas, Estado de São Paulo.

No processamento do suco concentrado congelado de acerola foi utilizado suco integral de acerola comercial fornecido por uma indústria de grande porte na produção de polpas e sucos de frutas. Esse suco integral foi enviado de forma congelada a  $-18^{\circ}\text{C}$  e foi mantido nessa temperatura até a data do processamento.

#### **3.2 MÉTODOS**

##### **3.2.1 Processamento**

###### **3.2.1.1 Suco integral (Estudo da Matéria-Prima)**

A Figura 2 mostra o fluxograma das operações utilizadas no processamento.

###### **a) Seleção**

A seleção das frutas foi feita de maneira manual com a função de eliminar frutos verdes e estragados.

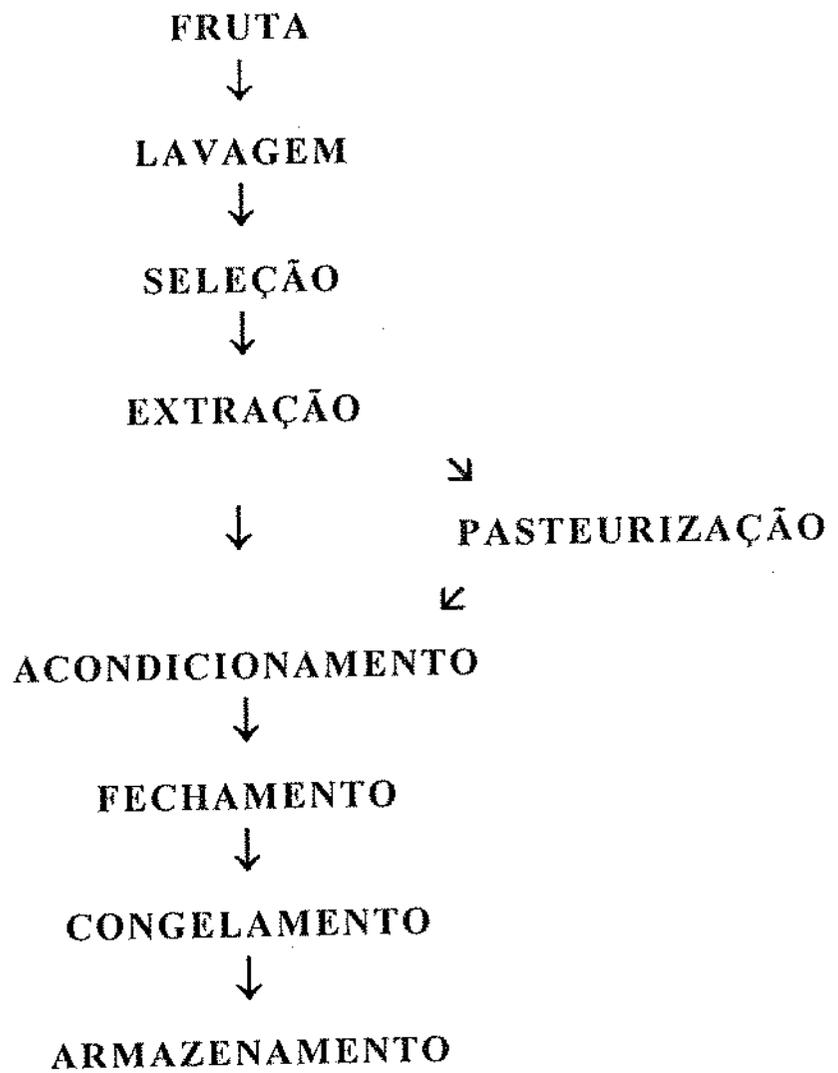


Figura 2. Fluxograma das operações realizadas durante o processamento do Suco Integral de Acerola

## b) Lavagem

As frutas foram lavadas de forma manual por imersão em um tanque de aço inoxidável com solução de hipoclorito de sódio com concentração de 20 ppm, seguida de lavagem com água potável.

## c) Extração

Essa operação foi efetuada utilizando um extrator inclinado com braços de escova da marca BERTUZZI com capacidade aproximada de 1 tonelada por hora, com peneira de 0,8 mm de diâmetro de furo.

## d) Pasteurização

Uma parte do suco integral extraído foi tratado termicamente em um trocador de calor à placas da marca ALFA-LAVAL, tipo P20-HB, à uma temperatura de 88°C por 45 segundos, e posteriormente resfriado nesse mesmo trocador à uma temperatura de 25°C.

## e) Acondicionamento e Fechamento

O suco integral foi acondicionado em latas de 350 g (89,3 mm x 92,9 mm). O corpo das latas foi revestido internamente com uma primeira camada de 2,5 mg/pol<sup>2</sup> de verniz epóxi-fenólico e uma segunda camada de 4,0 mg/pol<sup>2</sup> de óleo resinoso, enquanto a tampa e o fundo foram revestidos por 6,0 mg/pol<sup>2</sup> de óleo resinoso.

O Fechamento das latas foi realizado em recravadeira a vácuo (15 pol por lata) da marca JOHN REINE, modelo 710.

## f) Congelamento

Essa operação foi feita com a colocação das latas em túnel estático de congelamento com circulação forçada de ar, marca FRIGOSCANDIA, à uma temperatura de -40°C com velocidade do ar de 5 m/s, até a temperatura no centro geométrico da lata atingir -18°C.

### g) Armazenamento

O Armazenamento do produto foi realizado em câmaras frigoríficas com temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  por um período de 06 meses.

### 3.2.1.2 Suco Integral Concentrado

A Figura 3 apresenta o fluxograma das operações utilizadas nesse processamento.

#### a) Suco integral pasteurizado

O suco integral comercial utilizado nesse processamento foi obtido em extrator horizontal de aço inoxidável AISI 304 da marca SIMA com peneira de diâmetro de furo igual a 0,5 mm; tratado termicamente em pasteurizador à placa, marca ALFA-LAVAL, à temperatura de  $90^{\circ}\text{C}$  por 45 segundos; embalado; congelado e armazenado à temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

#### b) Concentração

O teor de polpa presente no suco a ser concentrado foi determinado por um teste sensorial feito com amostras de suco diluídas a  $3,5^{\circ}\text{Brix}$ , concentração habitual de consumo do suco, com diferentes teores, que resultou na preferência pelo suco integral. Esse fator juntamente com a opção de se obter um suco que apresentasse uma viscosidade aparente (337,24 centipoise a  $25^{\circ}\text{C}$ ) que permitisse uma fluidez do produto a temperatura de geladeira ( $6^{\circ}\text{C}$ ), temperatura a qual será mantida o suco após a abertura de sua embalagem para consumo, limitou a concentração do suco até  $16,5^{\circ}\text{Brix}$ .

Essa operação foi realizada em evaporador centrífugo CENTRI-THERM de marca ALFA-LAVAL, tipo CT-1B. O suco integral foi

**SUCO INTEGRAL PASTEURIZADO**



**CONCENTRAÇÃO**



**ACONDICIONAMENTO**



**FECHAMENTO**



**CONGELAMENTO**



**ARMAZENAMENTO**

Figura 3. Fluxograma das operações realizadas durante o processamento do Suco Integral Concentrado de Acerola

alimentado no equipamento à temperatura de 15°C, aquecido à temperatura de 48°C no seu interior e apresentou uma temperatura de saída de 25°C. O tempo de residência aproximado foi de 8 segundos e a vazão de saída de concentrado foi de 35 litros por hora. A pressão de vapor injetada no aparelho foi de 1,0 kg/cm<sup>2</sup>, proporcionando uma temperatura de 104°C na camisa de vapor.

As etapas de acondicionamento e fechamento, congelamento e armazenamento foram idênticas as realizadas para o estudo do suco integral como matéria-prima.

### **3.2.2 Análises Físico-Químicas**

#### **3.2.2.1 pH**

O pH foi determinado em potenciômetro de marca MICRONAL, tipo B-374, com calibração feita com soluções de pH 7,0 e 4,0, de acordo com a temperatura dos padrões e amostras.

#### **3.2.2.2 Acidez Total Titulável**

Foi determinada segundo o método da A.O.A.C. (1984), nº 22.038. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico.

#### **3.2.2.3 Brix**

O Brix foi determinado por leitura direta em refratômetro marca CARL ZEISS (JENA), modelo 32-G 110d, com correção de temperatura.

#### **3.2.2.4 Relação Brix / Acidez**

Obtida pela divisão direta do Brix corrigido pela Acidez Total Titulável.

#### **3.2.2.5 Açúcares Redutores e Não Redutores**

Para a determinação dos açúcares redutores e não redutores foram utilizados os métodos descritos pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1976), sendo os resultados expressos em porcentagem de glicose (p/p) e porcentagem de sacarose (p/p), respectivamente.

#### **3.2.2.6 Açúcares Totais**

Foi obtido pela soma direta entre Açúcares Redutores e Não Redutores.

#### **3.2.2.7 Cinzas**

Foi obtida pelo método A.O.A.C. (1984), nº22.027. Resultado expresso em porcentagem (p/p).

#### **3.2.2.8 Fibras**

O teor de fibras foi determinado pelo método de detergência descrito por GOERING e VAN SOEST (1970). Os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

### **3.2.2.9 Antocianinas**

Foi determinada segundo a metodologia descrita por WROLSTAD (1976). Resultados expressos em mg de Malvidina-5G por litro.

### **3.2.2.10 Ferro**

Foi determinado por leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, marca BAIRD, modelo ICP 2000. Os resultados foram expressos em ppm.

### **3.2.2.11 Ácido Ascórbico**

Foi determinado pelo método do 2,6-dicloroindofenol (A.O.A.C., nº43.056, 1984) modificado por BENASSI (1990) onde substituiu-se o solvente extrator ácido metafosfórico por ácido oxálico.

### **3.2.2.12 Teor de Polpa**

Foi determinado utilizando-se o método descrito por REED et alii (1986). Os resultados foram expressos em porcentagem (v/v).

### **3.2.2.13 Sólidos Totais**

Foi obtido segundo o método da A.O.A.C. (1984), nº22.018. Os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

### **3.2.2.14 Densidade**

Foi obtida através da relação peso e volume com a utilização de picnômetro.

### **3.2.2.15 Proteína**

Para essa determinação foi utilizado o método de Kjeldahl descrito pela A.O.A.C. (1984), nº 22.052. Resultados expressos em porcentagem de proteína bruta (p/p).

### **3.2.2.16 Gordura**

Foi obtida pelo método de BLIGH & DYER (1959). Resultados expressos em porcentagem de gordura (p/p).

### **3.2.2.17 Pectina**

Foi determinada segundo a metodologia de CARREÉ & HAYNES, descrita por PEARSON (1970). Resultados expressos em porcentagem (p/p).

### **3.2.2.18 Distribuição do Tamanho das Partículas Insolúveis**

Foi determinada segundo a metodologia descrita por KIMBALL e KERTESZ (1952).

A separação das partículas insolúveis do suco integral de acerola de diferentes tamanhos foi feita pela passagem do suco através das peneiras 60, 80, 100, 150, 200, 270 e 400 Mesh e lavagem com água destilada corrente.

As partículas retidas em cada peneira foram coletadas com o auxílio de pequena quantidade de água e armazenadas em provetas. O volume de cada fração separada foi lido diretamente em provetas de 250 ml, após um repouso de 24 horas. Trabalhou-se com duplicatas.

A distribuição do tamanho das partículas foi expressa em % do volume acumulado e também pelo valor "P", que significa o diâmetro médio das partículas presentes nas 7 frações. O valor "P" foi calculado multiplicando-se o volume das partículas pelo diâmetro médio assumido para as partículas de cada fração. A soma total desses 7 resultados foi então dividida pela soma total do volume dos precipitados encontrados para as 7 frações.

As especificações das peneiras utilizadas e os diâmetros médios assumidos para as partículas retidas em cada peneira estão relacionadas a seguir:

Nº da peneira (Mesh)	Abertura nominal (mm)	Diâmetro médio assumido para as partículas (mm)
60	0,250	0,375
80	0,177	0,213
100	0,149	0,163
150	0,105	0,127
200	0,074	0,089
270	0,053	0,063
400	0,037	0,045

Para a peneira superior foi assumido um diâmetro médio para as partículas de valor 50% maior que a sua abertura nominal, e para as demais peneiras foi assumido o valor médio entre a abertura da peneira superior e inferior.

### 3.2.2.19 Viscosidade

Todas as medidas de viscosidade foram determinadas em reômetro rotacional marca CONTRAVES AG, modelo EPPRECHT-RHEOMAT 15, com sistema de cilindros concêntricos MS-DIN 145. As amostras medidas foram suco integral e suco integral concentrado às temperaturas de 15°C, 25°C, 50°C e 85°C. Utilizou-se 150 ml de cada amostra homogeneizada para as leituras no aparelho.

A tensão de cisalhamento( $Z$ ) foi obtida por cálculo envolvendo a leitura direta no reômetro e tabelas fornecidas pelo fabricante. A taxa de deformação( $\gamma$ ) corrigida para modelos não newtonianos, também foi calculada por tabelas fornecidas pelo fabricante. Enquanto a viscosidade( $\mu$ ) foi determinada pela divisão da tensão de cisalhamento pela taxa de deformação.

### 3.2.2.20 Análise Objetiva da Cor

Foi determinada nas amostras diluídas a 3,5°Brix com água destilada, homogeneizadas e desaeradas. A avaliação foi feita, com espectrofotômetro COMCOR, modelo MS 1500 PLUS, pela determinação dos valores de L<sub>Hunter</sub> (luminosidade), a<sub>Hunter</sub> (intensidade de vermelho) e b<sub>Hunter</sub> (intensidade do amarelo) por reflexão nas amostras com espessura de camada de 3 mm contidas em cápsulas de fundo de vidro óptico, e fundo branco (L<sub>Hunter</sub>=89,03, a<sub>Hunter</sub>=-1,43, b<sub>Hunter</sub>=3,41). Foi utilizado o iluminante C, ângulo de 10° e configuração Dreol do espectrofotômetro. Foram realizadas 3 repetições por amostra.

### 3.2.3 Análises Microbiológicas

As análises microbiológicas realizadas foram Coliformes Fecais, Contagem Total de Bactérias e Contagem de Bolores e Leveduras (SPECK, 1984).

### 3.2.4 Análise Sensorial

#### 3.2.4.1 Amostras

A avaliação sensorial foi realizada para o estudo do suco integral como matéria-prima e para o estudo do suco concentrado.

As amostras avaliadas no estudo do suco integral como matéria-prima foram o suco integral tratado termicamente e o suco integral não tratado; enquanto no estudo do suco concentrado foram o suco integral e o suco integral concentrado. Nessa análise, todas as amostras foram diluídas com água destilada até atingir 3,5°Brix, concentração habitual de consumo do suco.

O teor ideal de polpa para a concentração, também foi avaliado sensorialmente. Essa avaliação foi realizada com sucos sem tratamento térmico com diferentes teores, diluídos a 3,5°Brix.

#### 3.2.4.2 Métodos

Na avaliação do suco integral como matéria-prima avaliou-se os atributos odor, sabor e cor, utilizando-se as expressões não característico e característico nas extremidades da escala não estruturada de 9 cm (Figura 4) e preferência de sabor, através de escala hedônica de 9 pontos (Figura 5).

A análise sensorial no estudo do suco concentrado foi realizado pela avaliação da intensidade dos atributos odor característico e cozido; sabor característico, cozido, adstringente e amargo; e cor característica, por meio de escala não estruturada de 9 cm com expressões nenhum e forte nas extremidades (Figuras 6 e 7) e, também, através de escala hedônica de 9 pontos para a avaliação de preferência de sabor (Figura 5).



Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Avalie cada amostra usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou.

1. Desgostei muitíssimo
2. Desgostei muito
3. Desgostei regularmente
4. Desgostei ligeiramente
5. Indiferente
6. Gostei ligeiramente
7. Gostei regularmente
8. Gostei muito
9. Gostei muitíssimo

Número da amostra

Valor

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Comentários: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 5. Ficha para avaliação da aceitabilidade do suco de acerola.

A avaliação sensorial do teor de polpa preferido para a realização da etapa de concentração foi feita com a utilização de escala hedônica de 9 pontos (Figura 5).

Os provadores receberam amostras de 20 ml, servidas em béquers de 50 ml, devidamente identificados, à temperatura ambiente. As amostras foram servidas em cabines individuais iluminadas com luz vermelha para a avaliação do odor e sabor. Enquanto, o atributo cor foi avaliado com luz branca fora das cabines.

As avaliações por escala de intensidade foram realizadas a cada período de 30 dias, enquanto os testes de preferência a cada 30 ou 60 dias de estocagem do produto.

Os testes para cada estudo foram realizados sempre no mesmo horário (a partir das 10 horas ou 15 horas) durante seis meses.

A avaliação sensorial foi feita no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP.

### **3.2.4.3 Seleção dos Provadores e Treinamento**

A seleção dos provadores foi realizada de acordo com o seu poder de discriminação, repetibilidade e concordância com a equipe para os atributos odor, sabor e cor (DAMÁSIO e COSTELL, 1991).

O grupo formado para selecionar a equipe para a avaliação do estudo do suco integral como matéria-prima foi composto por 4 homens e 8 mulheres, enquanto o formado para o estudo do suco concentrado foi de 4 homens e 13 mulheres. Os provadores que apresentaram resultados exageradamente discordantes da equipe, foram antecipadamente excluídos. Com isso, foram retirados 3 provadores (1 homem e 2 mulheres) e 2 provadores (2 mulheres), respectivamente. Todos os provadores eram técnicos ou pesquisadores com boa acuidade sensorial e na faixa etária entre 20 e 40 anos. Além disso, foram escolhidas pessoas que já haviam provado acerola.

Os provadores foram, inicialmente, esclarecidos sobre os objetivos do estudo em questão e sobre os atributos de odor, sabor e cor do suco de acerola.

A equipe formada para a avaliação do estudo do suco integral como matéria-prima foi treinada recebendo amostras de suco natural de acerola diluídos com água destilada a 3,5 °Brix e suco tratado

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Por favor, prove as amostras e avalie cada atributo de acordo com as escalas.

Nº da amostra		ODOR	
CARAC- TERÍSTICO:	-----	Nenhum	Forte
	-----	Nenhum	Forte
COZIDO:	-----	Nenhum	Forte
	-----	Nenhum	Forte
SABOR			
CARAC- TERÍSTICO:	-----	Nenhum	Forte
	-----	Nenhum	Forte
COZIDO:	-----	Nenhum	Forte
	-----	Nenhum	Forte
ADSTRIN- GENTE:	-----	Nenhum	Forte
	-----	Nenhum	Forte
AMARGO:	-----	Nenhum	Forte
	-----	Nenhum	Forte
Comentários: _____			

Figura 6. Ficha para análise sensorial do odor e sabor do suco integral de acerola (Estudo da Concentração).

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Por favor, observe as amostras e avalie cada atributo de acordo com as escalas.

	Nº da amostra	COR
CARAC- TERÍSTICA:	_____	-----  Nenhum Forte
	_____	-----  Nenhum Forte

Comentários: \_\_\_\_\_

Figura 7. Ficha para análise sensorial da cor do suco integral de acerola (Estudo da Concentração).

termicamente com diferentes tempos e temperaturas, a fim de acentuar as diferenças nos atributos a serem avaliados, diluídos, posteriormente ao tratamento térmico, com água destilada a 3,5°Brix. Esses provadores receberam as mesmas fichas utilizadas para a avaliação definitiva durante o treinamento (Figura 4). O treinamento foi realizado durante 5 sessões.

A equipe formada para a avaliação do estudo do suco concentrado recebeu amostras de suco natural de acerola; suco integral comercial e não comercial tratado termicamente com diferentes tempos e temperaturas; suco natural e comercial misturado com suco extraído de frutas verdes; diluídos, posteriormente com água destilada a 3,5°Brix. Inicialmente foram escolhidos os atributos utilizados na avaliação sensorial, de acordo com a terminologia descritiva escolhida pela equipe para a caracterização do odor, sabor e cor, e após 5 sessões de

treinamento foram realizados os testes de avaliação da equipe para a seleção. A ficha de avaliação foi elaborada após a definição dos termos designados aos pontos extremos da escala (Figuras 6 e 7). Com essa ficha, os provadores foram treinados para quantificar a intensidade das sensações percebidas para cada atributo.

Cada provador avaliou 2 amostras com 3 repetições em 3 sessões de testes sensoriais, utilizando-se das fichas usadas para os testes definitivos. Os dados obtidos foram submetidos a uma análise visual e uma análise de variância para se avaliar a equipe. Considerou-se um nível de erro aceitável em relação ao poder de discriminação de  $p < 0,10$ . Enquanto o da repetibilidade de cada provador de  $p > 0,05$ . A concordância da equipe foi avaliada por comparação da ordem das médias das amostras da equipe com as médias de cada provador.

As análises de preferência foram realizadas com 30 provadores escolhidos ao acaso com idade entre 18 e 55 anos.

#### **3.2.4.4 Análises Estatísticas**

##### **3.2.4.4.1 Seleção de Provadores**

A equipe de provadores foi avaliada através da análise de variância dos dados obtidos dos testes sensoriais considerando-se os fatores amostras e repetições para cada atributo para cada provador.

##### **3.2.4.4.2 Avaliação das amostras**

As análises estatísticas foram feitas através de análise de variância para cada atributo para avaliar a existência ou não de diferença significativa entre amostras e provadores. A comparação dos tratamentos foi realizada pelo uso do teste de Tukey (GOMES, 1973).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Processamento**

#### **4.1.1 Suco Integral (Estudo da Matéria-Prima)**

A extração apresentou um rendimento de suco integral de 83% (p/p). Esse valor é elevado comparado aos resultados obtidos por FITTING & MILLER (1960) de 48%, ASENJO & MOSCOSO (1950) de 69,6% e LEDIN (1958) de 70%. SANCHES-NIEVA (1955) utilizando o artifício de desintegrar os frutos antes da extração, obteve rendimentos de 73%.

#### **4.1.2 Suco Integral Concentrado (Estudo da Concentração)**

As curvas de congelamento do suco integral e suco integral concentrado são apresentadas na Figura 8. Essas curvas mostram, que apesar das diferenças iniciais da temperatura dos sucos para o congelamento, o comportamento destes tornou-se similar em temperaturas abaixo de 0°C.

### **4.2 Análises Físico-Químicas**

#### **4.2.1 Suco integral (Estudo da Matéria-Prima)**

As Tabelas 10 e 11 apresentam os valores obtidos das análises realizadas com o suco integral sem e com tratamento térmico durante o período de estocagem de 180 dias a uma temperatura de -18°C.

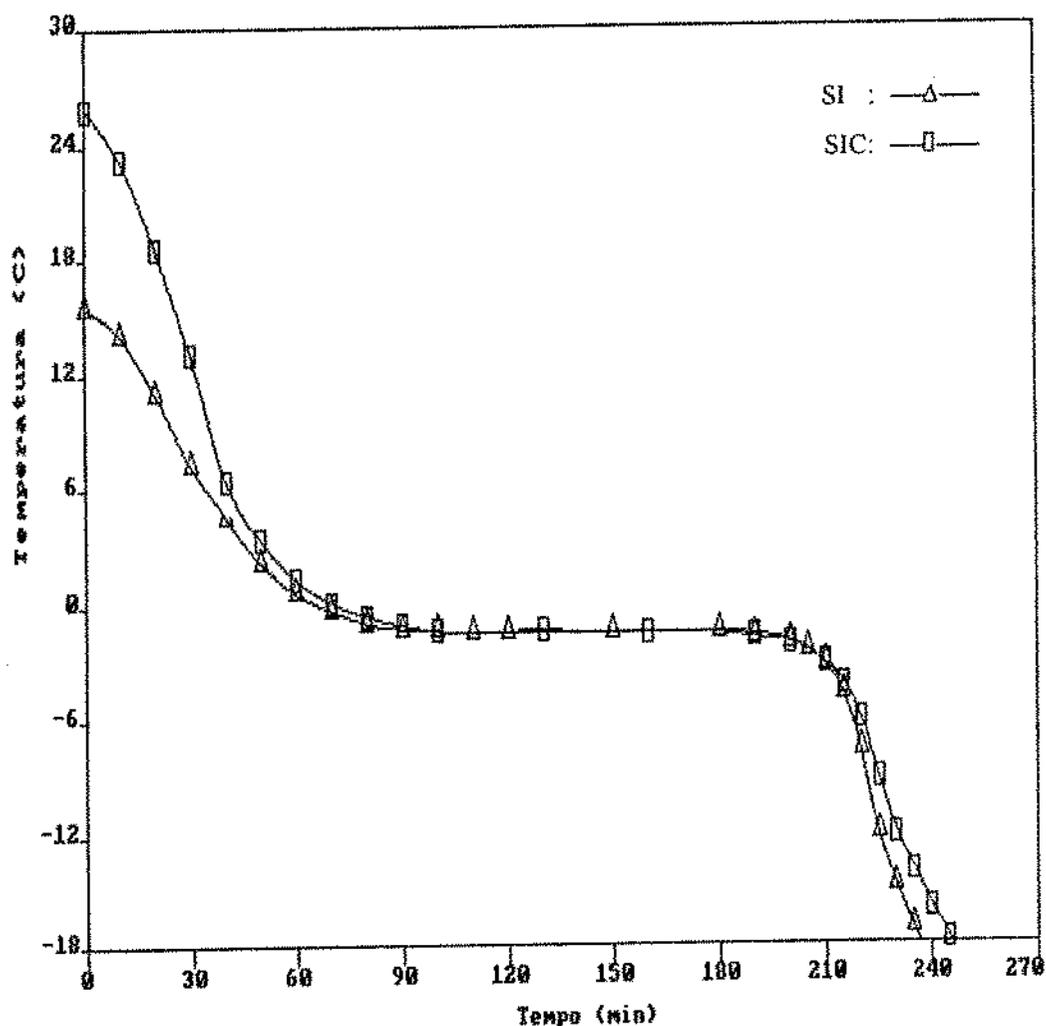


Figura 8. Curvas de congelamento de suco integral (SI) e integral concentrado (SIC) de acerola

O pH e o Brix não apresentaram variação com o tratamento térmico e durante o armazenamento. Os valores encontrados para o pH ao redor de 3,3 são similares aos encontrados por ROCHA (1988) e ASENJO & MOSCOSO (1950). Os valores de Brix também são concordantes com os autores acima citados, porém sabe-se da existência de uma grande variação de quantidade de sólidos solúveis entre os frutos, conforme variedade, estágio de maturação, localização geográfica e tratos culturais.

A acidez titulável é discordante dos valores encontrados por ROCHA (1988) e ASENJO & MOSCOSO (1950). Essa acidez foi maior em relação aos resultados obtidos pelos autores citados, e praticamente não variou ao longo do período de estocagem.

A pequena variação de acidez foi acompanhada de maneira pouco acentuada pela variação do teor de ácido ascórbico. ASENJO (1959) verificou que a acidez do suco varia proporcionalmente ao conteúdo de vitamina C. Porém, essa variação não é linear, o que indica a presença de outros ácidos.

Tabela 10. Características Físico-Químicas do Suco Integral sem tratamento térmico e estocado a -18°C (Estudo da Matéria-Prima)

DETERMINAÇÃO	PERÍODO (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
pH	3,30	3,32	3,30	3,30	3,31	3,30	3,31
Brix (20°C)	7,2	7,3	7,3	7,3	7,2	7,3	7,2
Acidez Tit.(%)*	0,89	---	---	0,84	---	---	0,78
Brix/Acidez	8,1	---	---	8,0	---	---	8,1
Ác. Ascórbico(mg/100g)	1440	1387	1357	1354	1356	1354	1342
Ferro (ppm)	1,10	---	---	1,06	---	---	1,08
Sólidos Totais (%)	9,38	---	---	---	---	---	---

\*: equivalente a ácido málico

Médias de 03 amostras

Tabela 11. Características e Físico-Químicas do Suco Integral tratado termicamente e estocado a -18°C (Estudo da Matéria-Prima)

DETERMINAÇÃO	PERÍODO (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
pH	3,31	3,32	3,32	3,31	3,30	3,32	3,32
Brix (20°C)	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,2	7,3
Acidez Tit.(%)*	0,88	---	---	0,76	---	---	0,72
Brix/Acidez	8,2	---	---	8,1	---	---	8,1
Ác. Ascórbico(mg/100g)	1266	1227	1169	1142	1140	1134	1115
Ferro (ppm)	1,13	---	---	1,11	---	---	1,08
Sólidos Totais (%)	9,38	---	---	---	---	---	---

\*: equivalente a ácido málico

Média de 03 amostras

A quantidade de ácido ascórbico determinada no suco integral corresponde ao valor encontrado em uma mistura de frutos provindos de diferentes variedades, já que o fornecimento da matéria-prima foi proveniente de pomar com mistura de variedades, consequência do pequeno número de plantações comerciais de acerola com variedades específicas existentes no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo. Apesar disso, o valor obtido tanto para o suco integral tratado como para o não tratado termicamente são relativamente elevados e satisfatórios. Os resultados do valor de ácido ascórbico são semelhantes aos obtidos por ASENJO (1956), ASENJO & SANTAMARIA (1957), BROWN (1967) e LEME et alii (1973).

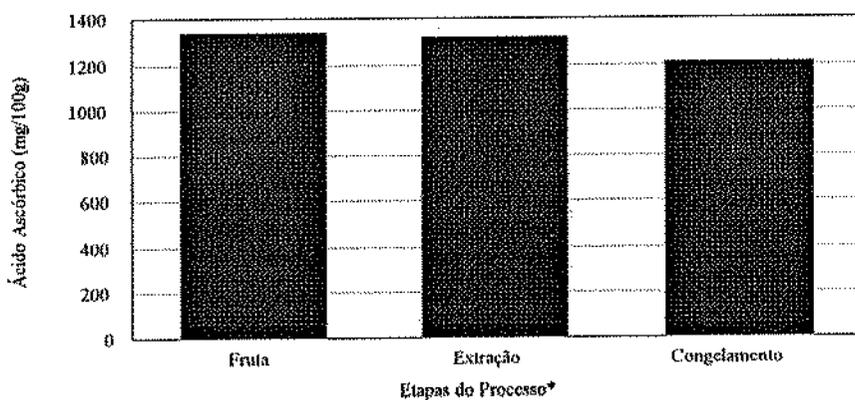
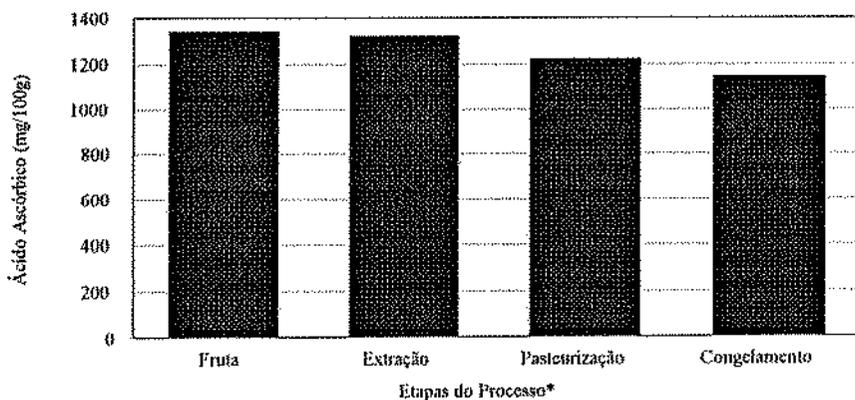
A Figura 9 mostra o efeito das etapas do processamento na estabilidade do ácido ascórbico.

A pasteurização resultou em uma perda média de 12% de ácido ascórbico no suco integral tratado. Essa perda ocorreu devido a oxidação da vitamina C provocado pelo aumento de temperatura. FONSECA (1971) relatou perdas ao redor de 40% de ácido ascórbico em suco de maracujá pasteurizado em trocador de calor tipo "votator" a 92,5°C por 30 a 45 segundos. GOLDONI et alli (1981) obtiveram perdas de 30% em pasteurização a 91°C por 45 segundos de suco integral de morango. Em experimento de SAENZ & ZAPATA (1987), a pasteurização provocou uma perda de 45% em suco de limão. TOCCHINI & MIYA (1987) em trabalho com suco de abacaxi da cultivar Smooth Cayenne observaram perdas de 13% na quantidade de ácido ascórbico em suco pasteurizado (85°C por 12 segundos) embalado assepticamente, e de 25% em suco pasteurizado por enchimento à quente.

A perda de ácido ascórbico durante o período de armazenamento de 180 dias a -18°C foi menor no suco integral tratado do que no não tratado termicamente, isto ocorre devido a inativação da enzima ácido ascórbico oxidase e pela remoção de oxigênio provocado pelo tratamento térmico (HULME, 1970).

A pequena perda do teor de ácido ascórbico ao longo do armazenamento também é ocasionada pelas baixas temperaturas (-18°C) a que foram submetidos os produtos. O suco integral tratado termicamente apresentou uma retenção de ácido ascórbico ao redor de 96% após 06 meses de armazenamento a -18°C, enquanto no suco integral não tratado foi de 92%. Esses valores são semelhantes aos obtidos por FITTING & MILLER (1960).

A Figura 10 apresenta a estabilidade do ácido ascórbico durante a estocagem do suco integral de acerola tratado e não tratado termicamente durante 180 dias a uma temperatura de -18°C.



\*: Medidas feitas após cada etapa

Figura 9. Efeito do processamento na estabilidade de ácido ascórbico em suco integral tratado (superior) e não tratado termicamente (inferior) de acerola.

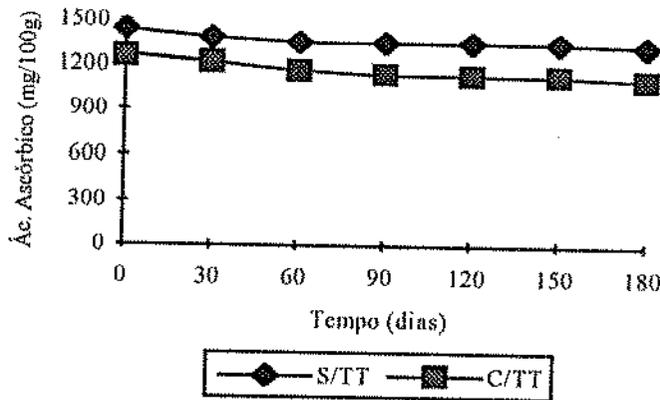


Figura 10. Estabilidade de ácido ascórbico durante a estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$  de suco integral de acerola tratado (C/TT) e não tratado termicamente (S/TT).

Os teores de ferro não diferiram entre o suco integral tratado e não tratado termicamente, e nem durante o período de estocagem (Tabela 10 e 11). Com isso, sabemos que esse metal não influenciou a qualidade sensorial do produto.

#### 4.2.2 Suco integral (Estudo da Concentração)

As Tabelas 12 e 13 apresentam os valores obtidos das análises realizadas com os sucos integral e integral concentrado durante o período de 180 dias a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

O pH, Brix e acidez não variaram durante o período de armazenamento.

A quantidade de açúcares redutores no suco integral foi entre 3,13 e 3,32%. Esses valores são semelhantes aos obtidos por ASENJO & MOSCOSO (1950). Durante a estocagem não ocorreram mudanças perceptíveis no valor dos açúcares.

Os resultados encontrados para a quantidade de ácido ascórbico no suco integral são semelhantes aos obtidos por ASENJO (1956), ASENJO & SANTAMARIA (1957), BROWN (1967), LEME et alii (1973) e pelos valores obtidos no estudo do suco integral como matéria-prima. A estocagem dos dois produtos mostrou que as perdas foram muito pequenas. Para o suco integral essas perdas foram ao redor de 5% e para o suco integral concentrado foram de 3% durante um período de 06 meses a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Esses valores de retenção de ácido ascórbico durante o armazenamento congelado são concordantes com os obtidos por FITTING & MILLER (1960). Essas perdas ocorreram devido as reações químicas, como a oxidação, que continuam a ocorrer, mesmo em baixas temperaturas, porém de forma mais lenta.

A etapa de concentração do suco proporcionou uma perda de ácido ascórbico ao redor de 6%. FONSECA (1971) obteve perdas próximas a 20% com a concentração de suco de maracujá de 13,55 a 44,05°Brix com a utilização de evaporador centrífugo. TELLES (1974) em estudo de processamento de suco de caju, relatou não ocorrer perda de ácido ascórbico com a concentração do suco de 10 a 65°Brix em evaporador centrífugo. Entretanto, TOCCHINI & LARA (1979) obtiveram redução de 7% do ácido ascórbico, também em concentração de suco de caju até 50° Brix em evaporador centrífugo. Em concentração até 65°Brix em evaporador tipo superfície raspada, esses mesmos autores relataram perdas de 4%. As perdas nessa etapa deveram-se ao aumento de temperatura na concentração do suco provocando aceleração da oxidação do ácido ascórbico.

A Figura 11 apresenta a estabilidade do ácido ascórbico durante a estocagem do suco integral de acerola tratado e não tratado termicamente durante 180 dias a uma temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$ .

A quantidade de ferro não variou durante a estocagem e também não ocorreram alterações de valor devido o processo de concentração.

Tabela 12. Características Físico-Químicas do Suco Integral (Estudo da Concentração)

DETERMINAÇÃO	PERÍODO (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
pH	3,46	3,45	3,46	3,46	3,47	3,44	3,46
Brix (20°C)	7,5	7,5	7,5	7,6	7,5	7,6	7,5
Acidez Tit.(%)*	0,87	---	---	0,84	---	---	0,80
Brix/Acidez	8,6	---	---	9,0	---	---	9,3
Açúcares Redutores(%)	3,32	---	---	3,13	---	---	3,17
Açúcares Não Redut.(%)	1,16	---	---	1,44	---	---	1,41
Açúcares Totais(%)	4,48	---	---	4,57	---	---	4,58
Ác. Ascórbico(mg/100g)	1364	1335	1338	1325	1338	1318	1304
Malvidina-5G(mg/l)	52,80	53,28	52,72	54,50	57,15	53,16	53,10
Ferro(ppm)	1,18	---	---	1,08	---	---	1,12
Fibras(%)	0,49	---	---	---	---	---	---
Cinzas(%)	0,39	---	---	---	---	---	---
Sólidos Totais(%)	9,63	---	---	---	---	---	---
Teor de Polpa(%)	67,5	---	---	---	---	---	---
Densidade	1,06	---	---	---	---	---	---
Proteína(%)	0,47	---	---	---	---	---	---
Gordura(%)	0,11	---	---	---	---	---	---
Pectina(%)	0,59	---	---	---	---	---	---

\*: equivalente a ácido málico

Média de 03 amostras

Tabela 13. Características Físico-Químicas do Suco Integral Concentrado (Estudo da Concentração)

DETERMINAÇÃO	PERÍODO (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
pH	3,46	3,46	3,45	3,47	3,46	3,45	3,47
Brix (20°C)	16,5	16,5	16,4	16,5	16,5	16,4	16,5
Acidez Tit.(%)*	1,76	---	---	1,72	---	---	1,67
Brix/Acidez	9,3	---	---	9,5	---	---	9,8
Açúcares Redutores(%)	6,25	---	---	6,00	---	---	5,87
Açúcares Não Redut.(%)	5,25	---	---	5,72	---	---	5,64
Açúcares Totais(%)	11,50	---	---	11,72	---	---	11,51
Ác. Ascórbico(mg/100g)	2816	2785	2770	2796	2793	2775	2750
Malvidina-5G (mg/l)	143,5	140,9	147,6	138,4	136,3	145,9	139,5
Ferro (ppm)	2,57	---	---	2,38	---	---	2,43
Fibras (%)	0,99	---	---	---	---	---	---
Cinzas (%)	0,83	---	---	---	---	---	---
Sólidos Totais (%)	19,75	---	---	---	---	---	---
Teor de Polpa (%)	94,74	---	---	---	---	---	---
Densidade	1,11	---	---	---	---	---	---
Proteína (%)	0,96	---	---	---	---	---	---
Gordura (%)	0,24	---	---	---	---	---	---
Pectina (%)	1,06	---	---	---	---	---	---

\*: equivalente a ácido málico

Média de 03 amostras

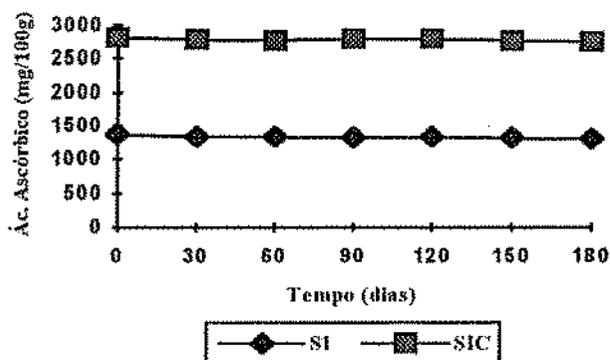


Figura 11. Estabilidade de ácido ascórbico durante a estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$  de suco integral (SI) e integral concentrado (SIC) de acerola.

Os resultados obtidos para as proteínas, gorduras e sólidos totais são os esperados para as frutas de maneira geral, isto é, uma alta umidade e baixo teores de lipídeos e proteínas. O suco integral apresentou 0,47% de proteínas, 0,11% de lipídeos e 9,63% de sólidos totais. O suco integral concentrado mostrou valores de 0,96%, 0,24% e 19,75% respectivamente. Observou-se que a concentração não provocou perdas de proteínas e lipídeos.

O teor de polpa do suco integral foi de 67,5% enquanto do suco integral concentrado foi de 94,74%. Essa alta porcentagem de sólidos em suspensão faz com que comercialmente o suco integral seja também denominado de polpa.

A quantidade de fibras obtida do suco integral de acerola foi de 0,49% e do suco integral concentrado de 0,99%. Esses valores de fibra são semelhantes aos de DERSE & ELVEHJEM (1954) que obteve 0,43% e diferente de MUNSELL et alii (1950) que determinou valores na faixa de 0,03 a 0,18%.

O teor de cinzas de 0,39% para o suco integral é semelhante aos valores encontrados por WENKAM & MILLER (1965) que obtiveram valores de 0,45%.

O teor de pectina de 0,59% determinado na análise do suco integral de acerola mostra que essa fruta apresenta uma quantidade que possibilita a produção de geléias e geleadas.

A análise de antocianinas (Malvidina-5G) mostrou não ocorrer variação da sua quantidade durante a estocagem do suco integral ou suco integral concentrado. Entretanto, SANTINI Jr. & HUYKE (1956) relataram que a coloração avermelhada diminui muito lentamente em sucos congelados.

Experimento feito em laboratório, onde tratou-se termicamente o suco integral de acerola por 0, 5, 10 e 20 minutos à 88°C, apresentou resultados de 44,3, 34,2, 33,7 e 27,8 mg/l de Malvidina-5G, respectivamente. Estes valores demonstraram a ocorrência de perdas quantitativas de antocianinas com o tratamento térmico, conjuntamente com alterações na cor do suco.

A Tabela 14 mostra o volume, em água, das partículas de polpa de acerola, retidos em diversas peneiras utilizadas para a determinação da distribuição do tamanho médio das partículas insolúveis. Este Quadro indica o tamanho médio assumido para cada fração separada e o diâmetro médio de partícula de polpa em cada suco.

Observando os resultados desta distribuição, pela Tabela 14 e Figura 12, verifica-se existir uma alteração na proporção, provocada pelo processamento. Nota-se que a concentração proporcionou um aumento de partículas com menor diâmetro, diminuindo com isso a média de diâmetro do tamanho das partículas.

Tabela 14. Distribuição do tamanho médio das partículas do suco integral e suco integral concentrado de acerola, coletadas na separação por peneiras

Sucos	Volume das partículas retidas nas peneiras (ml)								Volume Total (ml)	Diâmetro médio das partículas (mm)
	Mesh	60	80	100	150	200	270	400		
	$\phi^*$	0,375	0,213	0,163	0,127	0,089	0,063	0,045		
SI		10	46	80	65	56	14	10	281	0,146
SIC		07	15	75	155	82	80	40	454	0,106

SI: suco integral    SIC: suco integral concentrado

\*: Diâmetro médio assumido

Transformando o valor do volume total (ml) de partículas suspensas do suco integral concentrado de 16,5 para 7,5°Brix, obtem-se um valor igual a 206 ml. Essa redução de 27% do valor de volume total deve-se a alteração provocada pela concentração no tamanho das partículas que reduziu uma parte dessas a tamanhos inferiores a 0,045 mm e que, com isso, passaram pela última peneira.

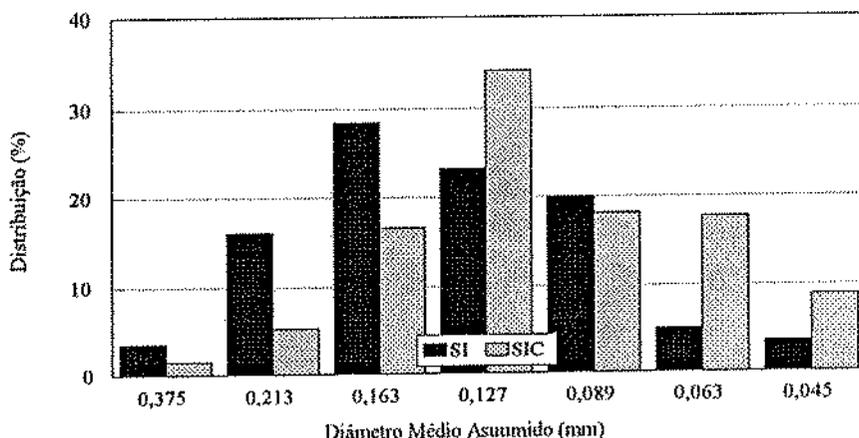


Figura 12. Distribuição por tamanho das partículas insolúveis de suco integral (SI) e integral concentrado (SIC) de acerola.

### 4.3 Viscosidade

#### 4.3.1 Comportamento Reológico

##### 4.3.1.1 Suco integral de acerola em diferentes temperaturas

O comportamento reológico do suco integral de acerola em diferentes temperaturas é mostrado na Figura 13, onde a tensão de cisalhamento ( $Z$ ) foi plotada em função da taxa de deformação corrigida ( $\dot{\gamma}$ ).

Os dados experimentais do suco integral de acerola são bem descritos pelo modelo da lei da potência ("Ostwald-de-Waele").

$$Z = K \times \dot{\gamma}^n$$

onde:

$Z$  = tensão de cisalhamento ( $\text{N}/\text{m}^2$ )

$\gamma$  = taxa de deformação ( $\text{s}^{-1}$ )

$K$  = coeficiente de consistência ( $\text{N} \cdot \text{s}^n/\text{m}^2$ )

$n$  = índice de comportamento de escoamento (adimensional)

A Tabela 15 mostra os parâmetros reológicos do suco integral de acerola em diferentes temperaturas, obtidos pela utilização da equação do modelo da lei da potência sobre os pontos experimentais.

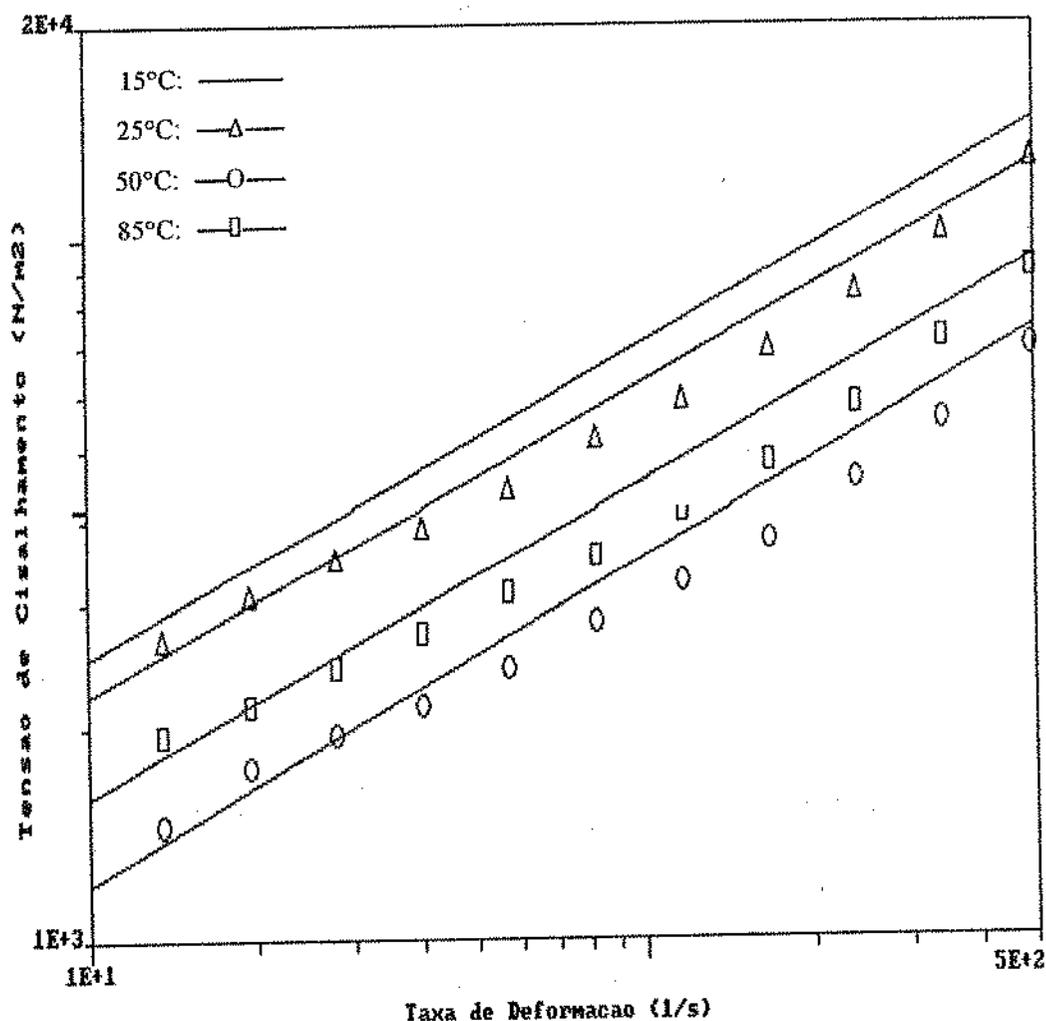


Figura 13. Reograma do suco integral de acerola em diferentes temperaturas

Tabela 15. Parâmetros reológicos do suco integral de acerola (7,5° Brix).  
 Viscosidade aparente ( $\eta$ ) a uma taxa de deformação  
 ( $\dot{\gamma}$ ) de  $117,1 \text{ s}^{-1}$ , equivalente a 90,7 rpm no reômetro.

Temperatura (°C)	K ( $\text{N} \times \text{s}^n/\text{m}^2$ )	n	$\eta$ (cP)
15	2,962	0,449	59,26
25	2,901	0,446	49,25
50	2,750	0,451	35,05
85	2,615	0,464	25,87

Os resultados obtidos indicaram uma diminuição da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação, mostrando o comportamento pseudoplástico do suco em todas as temperaturas avaliadas (Figuras 13 e 14). Os valores obtidos para n (índice de comportamento de escoamento) confirmam essa pseudoplasticidade, pois todos os sucos apresentaram valores menores que um, na faixa de 0,44 a 0,47.

Os valores de K (índice de consistência do fluido) diminuíram em temperaturas maiores, demonstrando que os sucos apresentam maior viscosidade aparente em temperaturas mais baixas. A viscosidade aparente está na faixa de 25 a 60 centipoise para as temperaturas variando de 15 a 85°C.

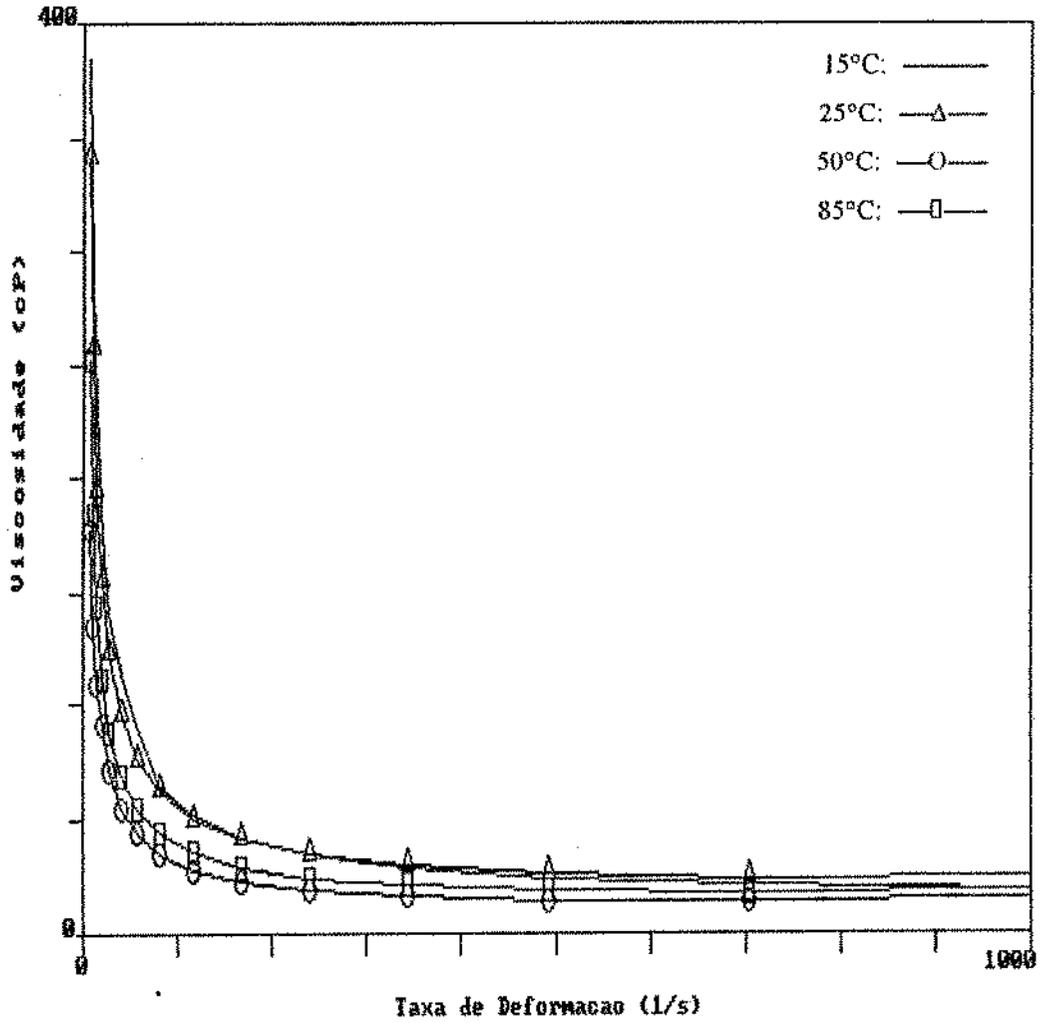


Figura 14. Viscosidade aparente do suco integral de acerola em diferentes temperaturas

#### 4.3.1.2 Suco integral concentrado de acerola em diferentes temperaturas

O comportamento reológico do suco integral concentrado de acerola em diferentes temperaturas é mostrado na Figura 15.

A Tabela 16 apresenta os parâmetros reológicos do suco integral concentrado de acerola em diferentes temperaturas, obtidos pela utilização do modelo da lei da potência ("Ostwald-de-Waele").

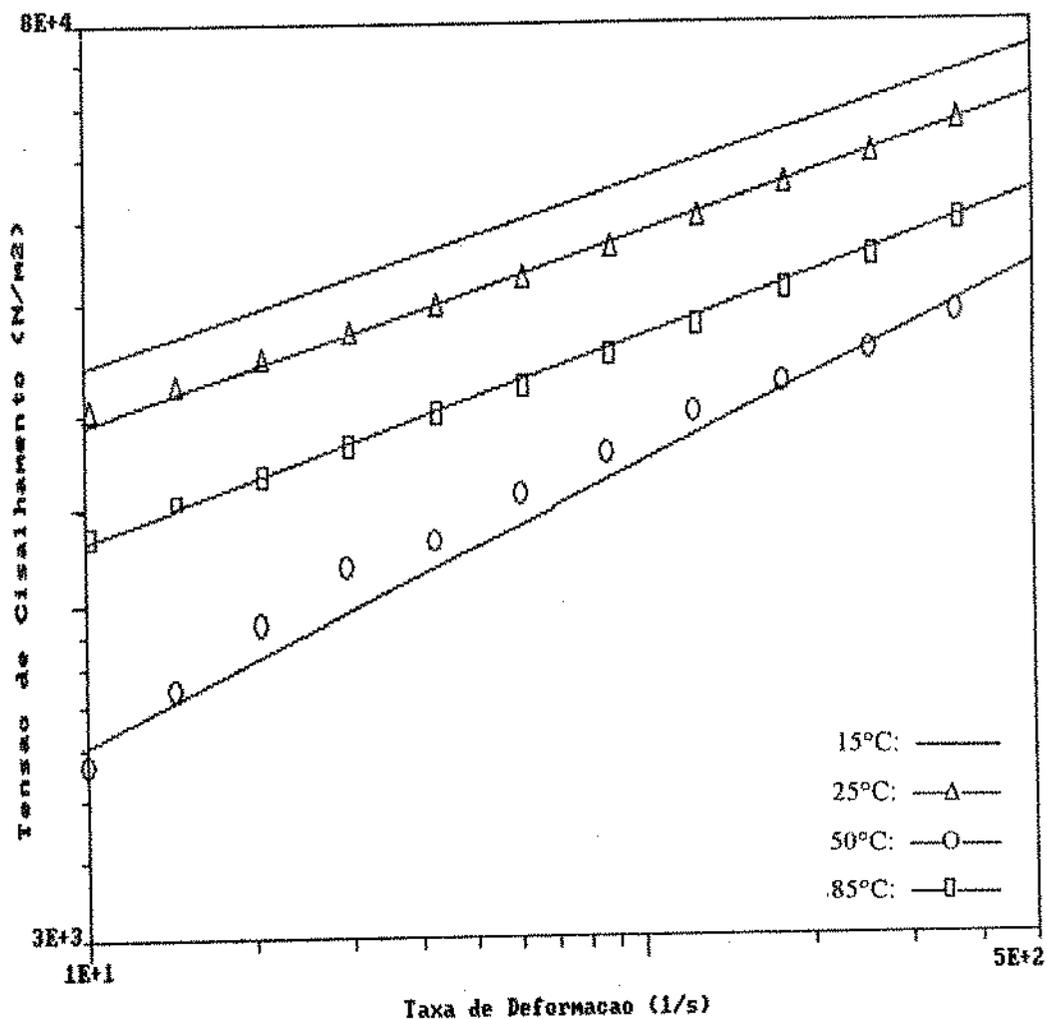


Figura 15. Reograma do suco integral concentrado de acerola em diferentes temperaturas

Tabela 16. Parâmetros reológicos do suco integral concentrado de acerola (16,5°Brix). Viscosidade aparente ( $\eta$ ) a uma taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) de 117,1 s<sup>-1</sup>, equivalente a 90,7 rpm no reômetro.

Temperatura (°C)	K (N x s <sup>n</sup> /m <sup>2</sup> )	n	$\eta$ (cP)
15	4,097	0,287	405,69
25	3,992	0,299	337,24
50	3,791	0,319	234,56

Os resultados obtidos indicaram uma diminuição da viscosidade aparente, maior que a do suco integral de acerola não concentrado, com o aumento da taxa de deformação, mostrando o comportamento pseudoplástico do suco em todas as temperaturas avaliadas (Figuras 15 e 16). Os valores de n confirmam esse comportamento, pois todos os sucos apresentaram valores menores que um, na faixa de 0,29 a 0,32. Os valores de K diminuíram em temperaturas maiores, mostrando que os sucos apresentam maior viscosidade aparente em temperaturas mais baixas. A viscosidade aparente está na faixa de 234 a 406 centipoise para as temperaturas variando de 15 a 50°C.

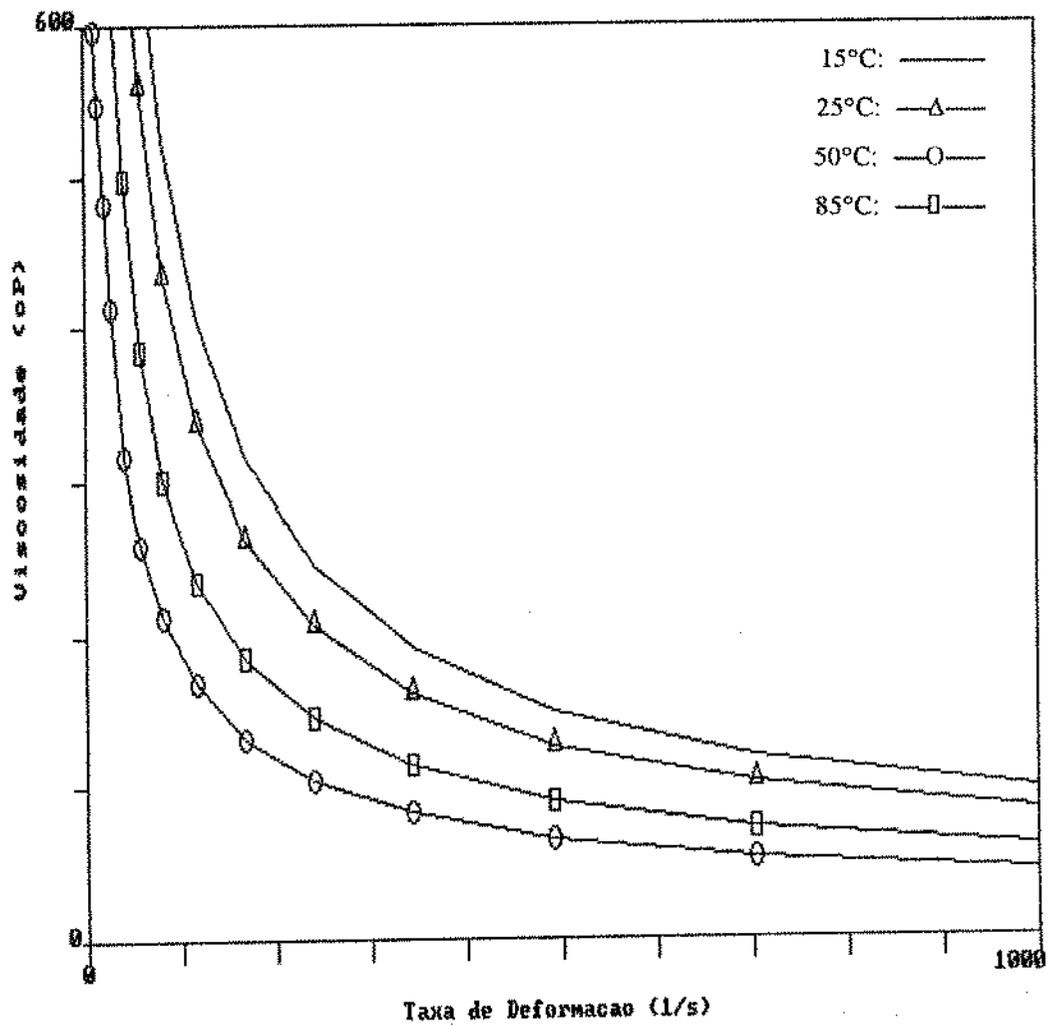


Figura 16. Viscosidade aparente do suco integral concentrado de acerola em diferentes temperaturas

### 4.3.1.3 Suco integral de acerola em concentrações de 7,5, 8,5, 12,5 e 16,5°Brix

O comportamento reológico do suco integral de acerola em diferentes concentrações é mostrado na Figura 17.

A Tabela 17 mostra os parâmetros reológicos do suco integral de acerola em diferentes concentrações avaliados a uma mesma temperatura (25°C), obtidos pelo uso do modelo da lei da potência ("Ostwald-de-Waele").

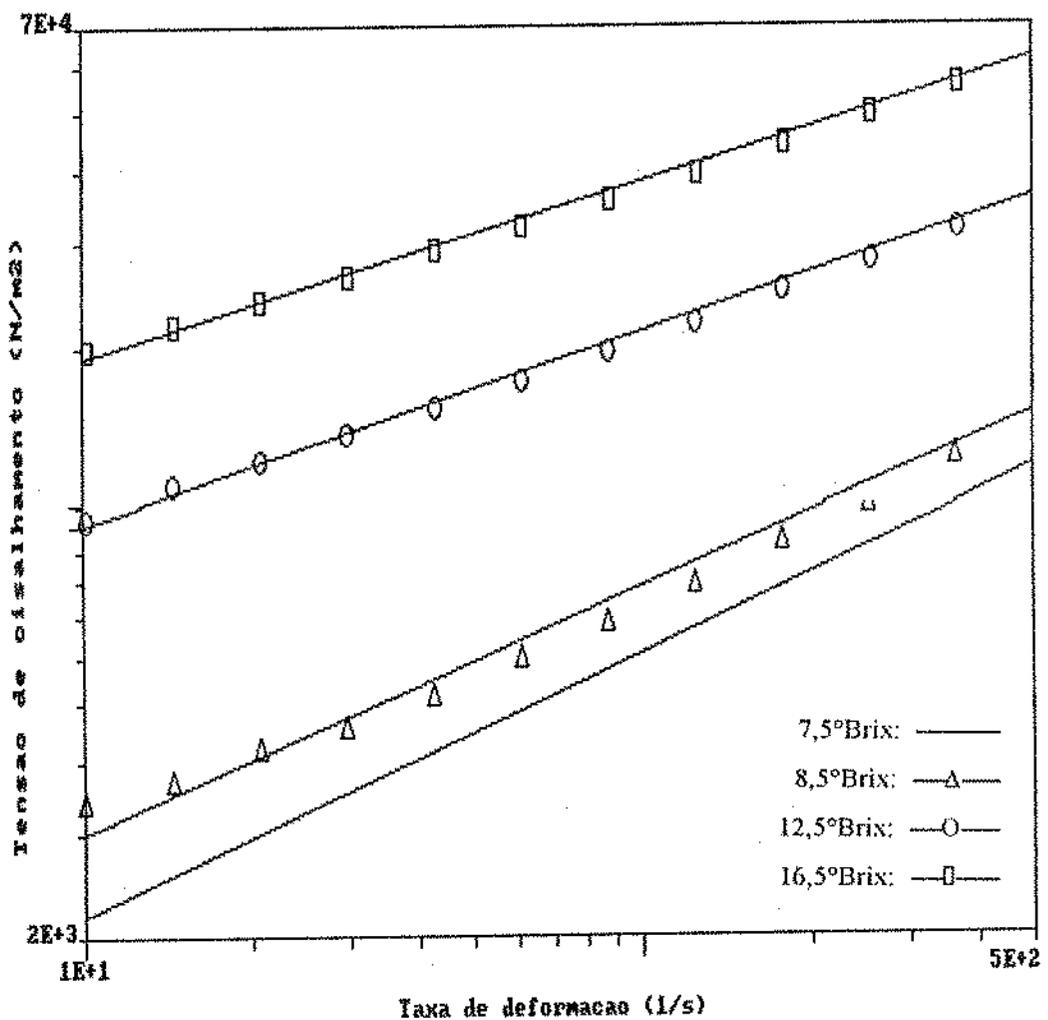


Figura 17. Reograma do suco integral de acerola em diferentes concentrações de 7,5, 8,5, 12,5 e 16,5°Brix a 25°C.

Tabela 17. Parâmetros reológicos do suco integral de acerola com diferentes concentrações. Viscosidade aparente ( $\eta$ ) a taxa de deformação ( $\dot{\gamma}$ ) de  $117,1 \text{ s}^{-1}$ , equivalente a 90,7 rpm no reômetro e temperatura de  $25^{\circ}\text{C}$ .

Concentração (Brix)	K ( $\text{N} \times \text{s}^n/\text{m}^2$ )	n	$\eta$ (cP)
7,5	2,901	0,446	49,25
8,5	3,071	0,417	66,78
12,5	3,679	0,328	186,98
16,5	3,992	0,299	337,24

Os resultados observados mostraram um aumento da viscosidade aparente com o aumento da concentração dos sucos (Figuras 17 e 18). Os valores de n demonstram a menor pseudoplasticidade dos sucos com menor concentração de sólidos. Os valores de K indicaram valores maiores para sucos mais concentrados, demonstrando que esses sucos apresentam maior viscosidade aparente.

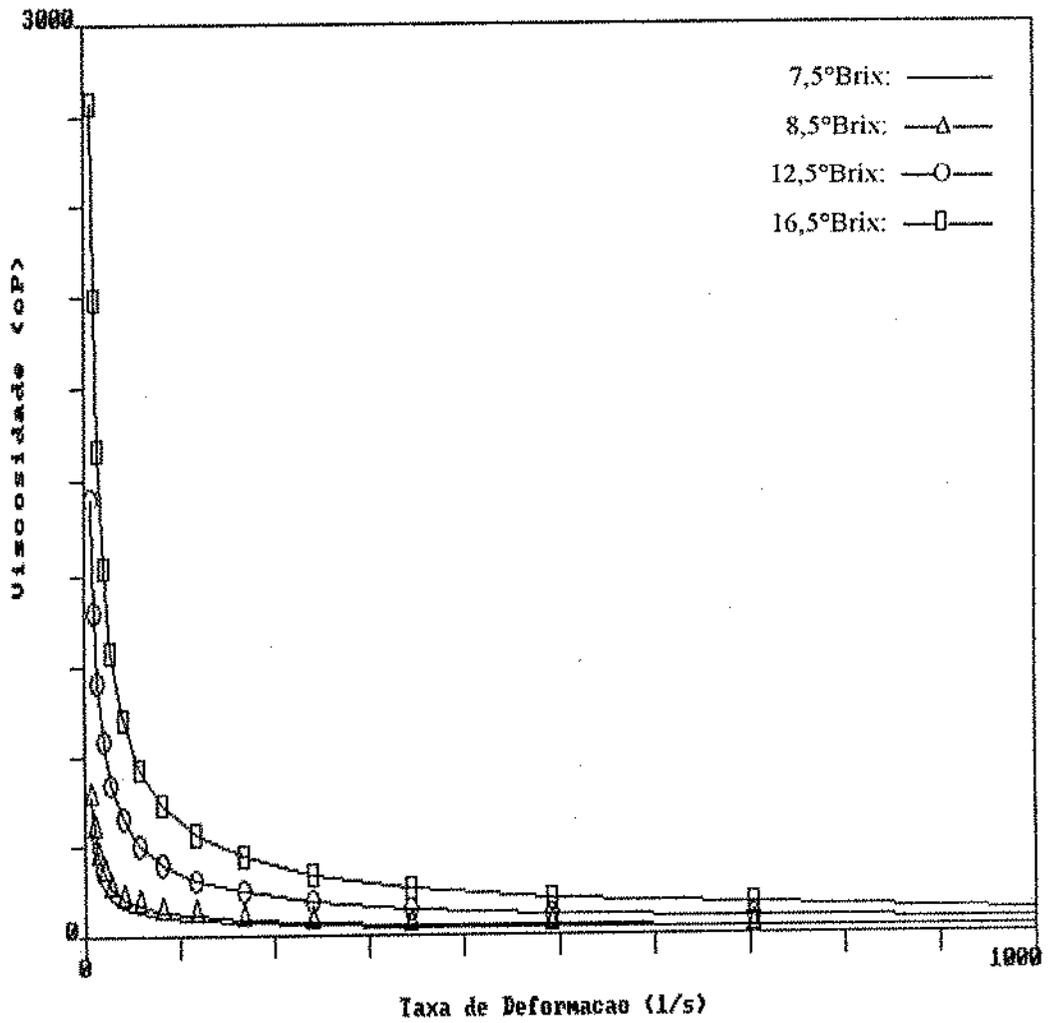


Figura 18. Viscosidade aparente do suco integral de acerola em concentrações de 7,5, 8,5, 12,5, 16,5°Brix

## 4.4 Análise Sensorial

Na avaliação sensorial do suco integral de acerola (estudo da matéria-prima) os atributos sensoriais estudados foram odor, sabor e cor característicos, enquanto do suco concentrado (estudo da concentração) foram os odores característico e cozido, os sabores característico, cozido, adstringente e amargo, e a cor característica.

### 4.4.1 Seleção dos Provadores

Os dados dos testes sensoriais dos provadores foram submetidos a uma análise de variância para avaliar o poder de discriminação e a repetibilidade. Os resultados são apresentados nas Tabelas 18 (estudo da matéria-prima) e 19 e 20 (estudo da concentração).

A Tabela 18 mostrou adequado poder de discriminação da equipe sensorial para a avaliação do estudo da matéria-prima dentro do nível de erro aceitável de  $p < 0,10$  e adequada repetibilidade dos dados de cada provador à nível de erro aceitável de  $p > 0,05$ . As Tabelas 19 e 20 apresentam valores de  $F_{amostra}$  e  $F_{repetições}$  da equipe sensorial para avaliação do estudo da concentração que comprovaram existir adequado poder de discriminação e repetibilidade dos dados de cada provador à nível de erro aceitável de  $p < 0,10$  e  $p > 0,05$ , respectivamente. Portanto, não foi eliminado nenhum dos provadores.

As Tabelas 21 (estudo da matéria-prima) e 22 e 23 (estudo da concentração) apresentam os valores das médias dos provadores e amostras para cada atributo sensorial da avaliação da concordância da equipe. Esses dados demonstraram que apenas o provador 3 (estudo da concentração) diferiu dos demais no atributo cor característica, porém este não foi excluído da equipe.

Tabela 18. Valores de Famostra(Fa) e Frepetições(Fr) da análise de variância de cada provador para os atributos sensoriais de suco de acerola (Estudo da Matéria-Prima)

Atributo	Provador									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Odor	Fa	267,85*	101,89*	74,70*	31,96*	177,32*	131,62*	193,75*	51,08*	34,85*
Caract.	Fr	20,61**	0,07	1,36	0,28	6,37	14,37	2,45	0,04	0,64
Sabor	Fa	53,26*	43,31*	334,12*	95,86*	26,25*	198,37*	213,77*	129,29*	63,73*
Caract.	Fr	0,41	0,24	7,36	0,19	1,13	1,49	0,29	0,77	0,93
Cor	Fa	321,27*	194,89*	147,12*	196,00*	268,00*	79,15*	119,51*	41,66*	147,97*
Caract.	Fr	6,34	0,59	0,58	1,56	4,34	0,50	1,05	0,45	2,65

\* : Significativo ( $p < 0,10$ ).

\*\* : Significativo ( $p < 0,05$ ).

Tabela 19. Valores de Famostra(Fa) e Frepetições(Fr) da análise de variância de cada provador para os atributos sensoriais (odor característico e cozido e cor característica) de suco de acerola (Estudo da Concentração)

Atributo		Provador														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Odor	Fa	108,04*	22,10*	18,81*	12,64*	28,59*	63,99*	44,52*	4,08	79,12*	52,56*	27,12*	69,16*	18,69*	6,12	22,73*
Caract.	Fr	9,14	0,51	2,43	0,09	0,19	20,51**	0,40	1,10	7,24	1,31	1,79	6,14	1,96	0,12	3,17
Odor	Fa	35,52*	34,76*	69,32*	27,76*	60,59*	21,39*	26,76*	30,25*	18,69*	315,68*	26,66*	123,86*	14,18*	69,44*	5,04
Cozido	Fr	1,10	0,05	6,81	6,07	1,95	0,20	1,56	0,32	6,33	17,29	0,03	11,57	0,18	1,71	1,83
Cor	Fa	34,32*	0,05	31,83*	25,47*	38,44*	51,99*	72,40*	27,87*	27,76*	50,57*	7,56*	33,22*	17,76*	20,99*	107,98*
Caract.	Fr	1,85	0,33	3,09	0,15	1,72	19,92**	2,71	0,95	0,92	3,31	1,18	2,48	0,00	3,47	27,99**

\* : Significativo ( $p < 0,10$ ).

\*\* : Significativo ( $p < 0,05$ ).

Tabela 20. Valores de Famostra(Fa) e Frepetições(Fr) da análise de variância de cada provador para os atributos sensoriais (sabor característico, cozido, adstringente e amargo) de suco de acerola (Estudo da Concentração)

Atributo		Provador														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Sabor	Fa	23,02*	289,00*	189,01*	23,87*	29,46*	71,05*	18,23*	40,42*	10,29*	19,10*	5,84	32,29*	8,71*	29,45*	27,01*
Caract.	Fr	0,09	15,75	12,99	1,44	15,32	0,26	2,11	3,07	0,23	9,28	0,23	0,35	0,04	1,76	0,03
Sabor	Fa	61,72*	59,07*	25,00*	31,68*	68,64*	3,17	30,27*	12,96*	22,22*	264,10*	14,45*	138,84*	33,06*	56,93*	73,89*
Cozido	Fr	8,71	2,33	1,92	5,24	1,65	1,28	0,02	1,19	14,84	18,75	0,53	10,33	0,52	2,25	18,99
Sabor	Fa	40,68*	61,72*	39,80*	16,89*	57,00*	11,77*	17,95*	47,99*	267,79*	2,24	33,24*	28,98*	40,41*	18,24*	53,84*
Adstringente	Fr	2,99	4,06	2,26	0,07	1,59	0,46	5,60	0,81	6,23	0,27	0,53	2,99	2,75	3,14	0,53
Sabor	Fa	20,08*	0,61	59,64*	18,27*	30,86*	9,98*	19,69*	27,92*	9,90*	1,80	4,84	24,27*	51,99*	18,10*	12,70*
Amargo	Fr	12,73	1,89	17,51	5,86	0,14	1,18	29,15**	8,33	0,65	1,35	0,08	0,42	5,84	5,76	1,46

\* : Significativo ( $p < 0,10$ ).

\*\* : Significativo ( $p < 0,05$ ).

Tabela 21. Médias dos provadores para cada atributo sensorial e amostra de suco de acerola  
(Estudo da Matéria-Prima)

Atributo	Amostra	Provedor									Valores Médios
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Odor	1	6,96	8,36	7,73	7,50	7,60	7,13	8,16	7,40	7,76	7,62
Caract.	2	4,46	3,96	3,70	3,63	3,96	5,46	3,00	3,26	3,70	3,90
Sabor	1	7,36	7,20	7,53	7,10	6,83	7,06	7,40	7,76	7,50	7,30
Caract.	2	4,20	2,66	2,93	3,03	3,63	3,40	2,70	3,66	3,80	3,28
Cor	1	7,53	8,06	7,73	7,40	7,53	7,33	7,36	7,66	7,83	7,62
Caract.	2	2,86	2,70	2,96	3,66	3,26	2,43	2,93	3,46	3,60	3,10

Tabela 22. Médias dos provadores para os atributos sensoriais (odor característico e cozido e cor característica) de suco de acerola (Estudo da Concentração)

Atributo	Amostra	Provador															Valor Médio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Odor	1	6,90	7,50	7,46	6,70	7,03	7,16	7,13	7,03	7,30	6,46	6,83	6,80	7,16	6,73	6,93	7,00
Caract.	2	5,06	5,60	5,10	4,63	4,80	5,83	4,40	5,90	4,76	4,53	4,70	5,33	4,46	4,73	5,63	5,03
Odor	1	2,80	2,43	2,50	2,73	2,33	2,03	2,76	2,63	2,66	2,83	2,93	2,10	2,23	2,16	2,83	2,54
Cozido	2	4,30	4,70	4,90	4,00	4,96	4,50	4,80	5,40	3,56	4,40	5,76	3,80	4,30	4,66	3,66	4,51
Cor	1	5,83	5,23	4,46*	6,03	5,16	5,60	5,60	5,76	5,43	6,26	5,13	4,83	5,56	5,33	5,00	5,41
Caract.	2	4,80	5,13	5,70*	4,56	3,10	4,73	4,30	4,03	4,16	5,23	4,40	3,63	4,10	4,63	3,80	4,42

\* : Médias cuja ordem não coincide com a equipe

Tabela 23. Média dos provadores para os atributos sensoriais (sabor característico, cozido, adstringente e amargo) de suco de acerola (Estudo da Concentração)

Atributo	Amostra	Provador															Valor Médio
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Sabor	1	7,56	7,73	7,83	7,53	7,33	7,36	7,03	7,13	7,63	7,13	7,23	6,83	6,73	6,80	6,23	7,20
Caract.	2	6,20	5,46	6,00	6,20	6,40	5,40	6,10	5,53	6,40	6,03	5,96	4,60	4,70	4,53	4,40	5,57
Sabor	1	4,20	4,06	4,56	4,70	3,93	4,16	4,06	4,86	4,50	4,46	3,66	4,13	4,43	3,86	4,50	4,27
Cozido	2	5,40	5,66	6,23	6,00	5,86	4,73	6,13	5,96	5,06	6,63	5,53	5,93	6,73	6,63	5,53	5,87
Sabor	1	5,96	6,60	5,70	5,83	5,66	5,30	5,60	6,26	5,23	5,93	5,80	5,86	6,76	6,53	5,93	5,93
Adstringente	2	4,43	4,76	3,86	3,33	3,76	3,86	4,16	4,26	3,26	5,00	3,96	4,33	5,16	5,03	3,60	4,18
Sabor	1	2,16	2,66	1,93	1,73	2,30	1,93	2,50	2,16	2,56	2,40	2,23	2,16	2,60	2,06	2,36	2,23
Amargo	2	3,33	3,03	3,46	2,60	4,06	3,86	3,03	3,26	4,13	2,76	3,33	3,73	4,33	3,36	3,56	3,45

#### 4.4.2 Análise Sensorial do Suco Integral (Estudo da Matéria-Prima)

A análise sensorial do suco foi feita por nove provadores treinados para a avaliação por meio de escala de intensidade e por trinta provadores, escolhidos ao acaso, na avaliação de preferência.

A análise de variância foi aplicada aos atributos sensoriais para a verificação da existência ou não de diferença significativa entre os tratamentos e os provadores, enquanto o teste de Tukey foi realizado para a comparação das médias dos tratamentos.

A Tabela 24 mostra os resultados da análise de variância feita em cada período de estocagem, enquanto a Tabela 25 apresenta os valores da análise de todo o período.

Pela Tabela 24 verificou-se a existência de diferença significativa entre as amostras tratadas termicamente e as não tratadas em todos os períodos avaliados para todos os atributos sensoriais. Os provadores, com exceção aos 120 dias de estocagem do atributo cor característica, não apresentaram diferenças significativas entre os seus valores de avaliação. Essas diferenças entre provadores, possivelmente, estão relacionadas ao fato de terem usado diferentes partes da escala de intensidade, e como resultado, há diferença significativa entre as médias para cada provador. Essa diferença entre provadores é considerada normal nesse tipo de teste (NOBLE apud GARRUTI, 1989). Segundo STONE et alii apud DAMÁSIO (1990), não é crítico que somente um segmento da escala seja usado por um provador, mas sim que sua eficiência seja consistente, o que se pode verificar pela baixa significância das interações entre provadores e amostras. Só ocorreu interação no atributo odor aos 0 dias de estocagem. Com isso, pode-se considerar essa equipe sensorial com eficiência satisfatória.

Os valores da Tabela 25 demonstraram que não ocorreram diferenças significativas dos atributos sensoriais entre os tempos de estocagem para ambos os sucos, tratado e não tratado termicamente.

Tabela 24. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tratamento térmico), provador e interação para cada atributo sensorial em cada período de estocagem a -18°C

Atributo Sensorial	Período de Estocagem(dias)	Fator de Variação		
		Amostra	Provador	Amost. x Prov.
Odor	0	134,74**	0,37	2,65*
	30	144,29**	0,42	2,33
	60	55,06**	0,59	1,67
	90	36,82**	0,96	1,03
	120	73,46**	1,42	0,70
	150	169,73**	2,49	0,40
	180	45,51**	0,76	1,31
Sabor	0	87,77**	1,12	0,88
	30	109,12**	1,59	0,62
	60	140,90**	1,87	0,53
	90	76,90**	0,70	1,41
	120	115,51**	0,92	1,07
	150	263,11**	2,26	0,44
	180	97,88**	1,95	0,51
Cor	0	174,25**	1,40	0,71
	30	79,45**	1,38	0,72
	60	104,24**	0,76	1,29
	90	61,83**	0,86	1,15
	120	324,23**	8,08**	0,12
	150	65,80**	1,07	0,93
	180	72,34**	0,72	1,37

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

Tabela 25. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para cada atributo sensorial durante o armazenamento de 180 dias a -18°C

Atributo Sensorial	Suco	Fator de Variação		
		Tempo de Estoc.	Provador	Trat. x Prov.
Odor	S/TT	0,33	14,45**	0,06
	C/TT	2,30	4,06**	0,24
Sabor	S/TT	1,21	8,63	0,11
	C/TT	1,80	8,10	0,12
Cor	S/TT	1,41	25,50	0,03
	C/TT	1,31	2,42*	0,41

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

S/TT: Sem Tratamento Térmico

C/TT: Com Tratamento Térmico

A Tabela 26 e a Figura 19 mostram os resultados de avaliação de odor, sabor e cor característicos. As análises desses atributos mostraram que os sucos que não sofreram tratamento térmico apresentaram valores significativamente maiores que os tratados termicamente em todos os períodos avaliados (Tabela 26).

A Tabela 27 apresenta os resultados da análise de variância dos dados de preferência feita em cada período de estocagem, enquanto a Tabela 28 apresenta os valores da análise de todo o período, para cada tratamento.

Tabela 26. Valores da avaliação sensorial para os atributos de odor, sabor e cor característico em cada período de estocagem a -18°C no processamento de suco integral para utilização como matéria-prima

Atributo		Período (dias)						
		0	30	60	90	120	150	180
Odor	S/TT	8,26	8,41	8,30	7,80	8,11	8,36	8,02
	C/TT	3,96	3,90	3,80	4,46	4,32	4,21	4,65
Sabor	S/TT	7,79	7,91	7,46	7,35	7,58	7,50	7,21
	C/TT	3,17	3,37	3,50	3,75	3,68	3,41	3,94
Cor	S/TT	7,74	7,50	7,47	7,20	7,34	7,05	7,30
	C/TT	3,24	3,45	3,02	3,40	3,64	3,50	3,81

S/TT: Sem Tratamento Térmico

C/TT: Com Tratamento Térmico

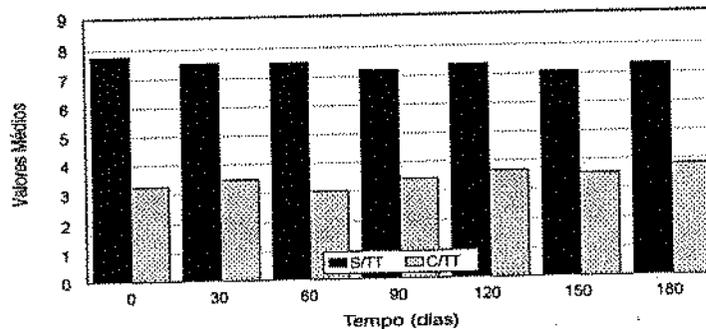
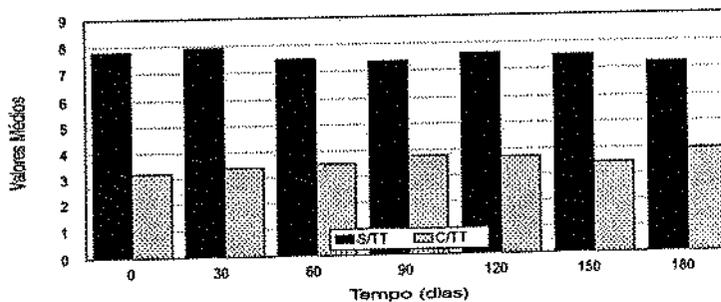
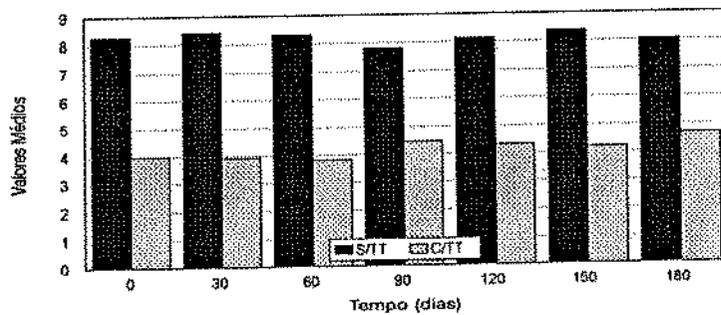


Figura 19. Efeito do tratamento térmico e do armazenamento no odor (superior), sabor (centro) e cor (inferior) característicos do suco integral de acerola.

Pela Tabela 27 verificou-se a existência de diferença significativa entre as amostras tratadas e não tratadas termicamente em todos os períodos avaliados. Com exceção aos 120 e 150 dias, os provadores não apresentaram diferenças significativas entre os valores de análise. A interação entre amostras e provadores não foi significativo para nenhum período de estocagem.

A Tabela 28 demonstrou não ocorrer diferença significativa dos valores de preferência, dados pelos provadores, entre os tempos de estocagem com relação a ambas as amostras, suco tratado e não tratado termicamente. Portanto, a estocagem até 180 dias aparentemente não afetou a aceitação do produto.

Tabela 27. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tratamento térmico), provador e interação para a avaliação de preferência de sabor em cada período de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$

Período de Estocagem(dias)	Fator de Variação		
	Tratamento	Provador	Trat. x Prov.
0	156,80*	0,68	1,45
30	181,72*	1,64	0,60
60	72,05*	1,07	0,92
90	62,20*	1,27	0,82
120	289,00*	4,00*	0,25
150	202,31*	4,26*	0,23
180	66,66*	0,74	1,35

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

Tabela 28. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para a avaliação da preferência de sabor durante o armazenamento de 180 dias a -18°C

Suco	Fator de Variação		
	Tratamento	Provador	Trat. x Prov.
S/TT	1,76	4,35*	0,22
C/TT	2,72	9,34*	0,10

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

S/TT: Sem Tratamento Térmico

C/TT: Com Tratamento Térmico

Os valores obtidos pela avaliação da preferência do sabor dos sucos são mostrados na Tabela 29 e Figura 20. Essa avaliação indicou existir preferência significativa dos provadores pelo sabor do suco não tratado termicamente em todos os períodos avaliados.

Tabela 29. Valores da avaliação sensorial para preferência em cada período de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$  no processamento de suco integral para utilização como matéria-prima

Suco	Período (dias)						
	0	30	60	90	120	150	180
S/TT	7,98	7,65	7,79	7,80	7,58	7,27	7,20
C/TT	3,35	3,10	3,66	3,72	3,85	3,77	3,87

S/TT: Sem Tratamento Térmico      C/TT: Com Tratamento Térmico

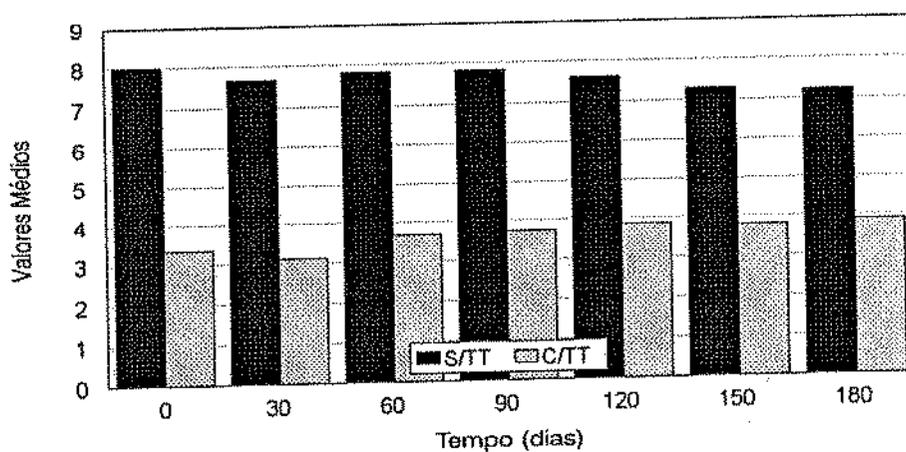


Figura 20. Efeito do tratamento térmico e do armazenamento na avaliação de preferência de sabor do suco integral de acerola

#### 4.4.3 Análise Sensorial do Suco Integral Concentrado (Estudo da Concentração)

Os resultados dos testes de preferência do teor de polpa dos sucos para a concentração são apresentados na Tabela 30. Essa Tabela mostra a preferência dos provadores pelo suco com o maior teor de polpa, isto é, suco integral, que apresentou um valor de 67,5%. Essa preferência dos provadores, certamente, está relacionada com o hábito da população brasileira em consumir sucos feitos com a fruta "in natura".

Tabela 30. Valores da avaliação sensorial de preferência de suco de acerola com diferentes teores de polpa

Teor de polpa (%)	Valores Médios*
67,50 (integral)	7,33 a
45,00	6,04 b
22,50	6,25 b
11,25	5,54 b
DMS (5%)	1,04

DMS(5%): diferença mínima significativa pelo teste de Tukey a nível de 5%. Médias seguidas de letras diferentes diferem significativamente entre si.

A análise sensorial realizada através da avaliação dos atributos de odor, sabor e cor foi realizada por quinze provadores treinados, enquanto a avaliação da preferência foi feita por trinta consumidores.

Em ambos os casos foram realizadas avaliações estatísticas dos resultados por meio de análise de variância para observar a existência ou não de diferença significativa entre os dados do suco integral e do integral concentrado e os tempos de armazenamento, e de teste Tukey à nível de 5% de significância.

Na avaliação descritiva, o odor das amostras foi analisado quanto ao seu aspecto característico e cozido, o sabor quanto ao aspecto característico, cozido, adstringente e amargo, e a cor quanto ao seu aspecto característico.

As Tabelas 31 e 32, e 33 apresentam os valores da análise de variância de amostra e provador feitas em cada período de estocagem e durante todo esse período, respectivamente.

Pelas Tabelas 31 e 32 verificaram-se a existência de diferença significativa entre o suco integral e integral concentrado em todos os períodos avaliados para os atributos odor característico e cozido e sabor adstringente, enquanto a cor característica e o sabor amargo não apresentaram diferenças. Os atributos sabor característico, com exceção aos 90 dias de estocagem, e sabor cozido, com exceção aos 150 e 180 dias, também apresentaram diferença significativa entre os sucos em todos os períodos avaliados.

Assim como no caso do estudo da matéria-prima, os provadores apresentaram diferenças significativas em alguns períodos de avaliação dos atributos sensoriais estudados. Porém a interação amostra-provador foi significativa apenas para o atributo odor característico aos 180 dias de estocagem. Portanto, pode-se considerar a equipe com eficiência adequada.

Tabela 31. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (concentração), provador e interação para cada atributo sensorial (odor e cor) em cada período de estocagem a -18°C

Atributo Sensorial	Período de Estocagem(dias)	Fator de Variação		
		Amostra	Provador	Trat. x Prov.
Odor Característico	0	31,81**	1,52	0,65
	30	14,73**	1,34	0,74
	60	11,32**	1,06	0,93
	90	26,37**	2,81*	0,35
	120	14,94**	1,47	0,67
	150	16,25**	1,30	0,76
	180	7,13**	0,28	3,47*
Odor Cozido	0	8,64*	1,98	0,48
	30	9,66**	1,76	0,18
	60	7,73*	3,25	0,19
	90	6,70*	1,94	0,15
	120	7,74*	2,52*	0,62
	150	7,12*	1,44	0,35
	180	7,03*	1,88	0,44
Cor Característica	0	0,33	2,04	0,50
	30	0,58	5,42**	0,56
	60	0,47	5,27**	0,30
	90	0,57	6,27**	0,51
	120	0,87	1,61	0,39
	150	1,86	2,84*	0,69
	180	1,72	2,23	0,53

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

Tabela 32. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (concentração), provador e interação para cada atributo sensorial (sabor) em cada período de estocagem a -18°C

Atributo Sensorial	Período de Estocagem(dias)	Fator de Variação		
		Amostra	Provador	Trat. x Prov.
Sabor Característico	0	18,93**	4,19**	0,23
	30	12,01**	4,44**	0,22
	60	11,57**	2,53*	0,39
	90	3,17	2,33	0,42
	120	8,87**	2,06	0,48
	150	5,66*	1,78	0,56
	180	5,06*	1,69	0,58
Sabor Cozido	0	11,36**	1,73	0,57
	30	12,29**	1,30	0,76
	60	12,82**	1,68	0,59
	90	7,92*	1,13	0,87
	120	13,46**	1,71	0,58
	150	2,07	1,78	0,56
	180	2,27	1,07	0,93
Sabor Adstringente	0	5,62*	3,37*	0,29
	30	11,56**	5,19**	0,19
	60	7,17*	3,91**	0,25
	90	4,42*	4,48**	0,22
	120	14,47**	3,74**	0,26
	150	8,97**	12,76**	0,07
	180	6,24*	3,02*	0,33
Sabor Amargo	0	2,13	6,20**	0,16
	30	0,43	3,71*	0,26
	60	0,16	7,07**	0,14
	90	0,31	28,66**	0,03
	120	0,01	10,43**	0,09
	150	0,01	8,60**	0,11
	180	2,60	14,91**	0,06

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

Tabela 33. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para cada atributo sensorial durante 180 dias de armazenamento a -18°C

Atributo Sensorial	Suco	Fator de Variação		
		Tempo de Estoc.	Provador	Trat. x Prov.
Odor Característico	SI	1,49	9,08**	0,11
	SIC	2,16	26,26**	0,03
Odor Cozido	SI	0,52	46,84**	0,02
	SIC	0,97	23,72**	0,04
Sabor Característico	SI	0,90	11,28**	0,08
	SIC	1,20	27,85**	0,03
Sabor Cozido	SI	2,19	18,08**	0,05
	SIC	1,43	25,84**	0,03
Sabor Adstringente	SI	0,13	20,06**	0,04
	SIC	0,66	14,12**	0,07
Sabor Amargo	SI	0,59	47,94**	0,02
	SIC	0,99	57,43**	0,01
Cor Característica	SI	0,23	14,21**	0,07
	SIC	0,24	21,98**	0,04

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

SI: Suco Integral      SIC: Suco Integral Concentrado

A Tabela 33 demonstrou que não ocorreram diferenças significativas dos atributos sensoriais entre os tempos de estocagem para ambos os sucos, integral e integral concentrado.

A Tabela 34 e a Figura 21 mostram os resultados da avaliação de odor característico e cozido. Verifica-se que o suco integral apresentou odor significativamente mais característico que o suco integral concentrado e que essa diferença existiu em todos os períodos avaliados (Tabela 34). Ao contrário do odor característico, o suco integral concentrado apresentou odor cozido significativamente maior que o suco integral em todos os períodos avaliados (Tabela 34), indicando o efeito da concentração do suco em relação a esse atributo.

Tabela 34. Valores da avaliação sensorial para os atributos de odor característico e cozido em cada período de estocagem a - 18°C no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração)

Atributo		Período (dias)						
		0	30	60	90	120	150	180
Odor Caract.	SI	6,96	6,88	7,14	7,08	7,01	6,80	6,60
	SIC	5,40	5,33	5,83	5,75	5,66	5,47	5,24
Odor Cozido	SI	2,80	2,99	2,77	2,91	3,05	3,19	3,11
	SIC	4,75	4,97	4,22	4,62	4,38	4,84	4,50

SI: suco integral    SIC: suco integral concentrado

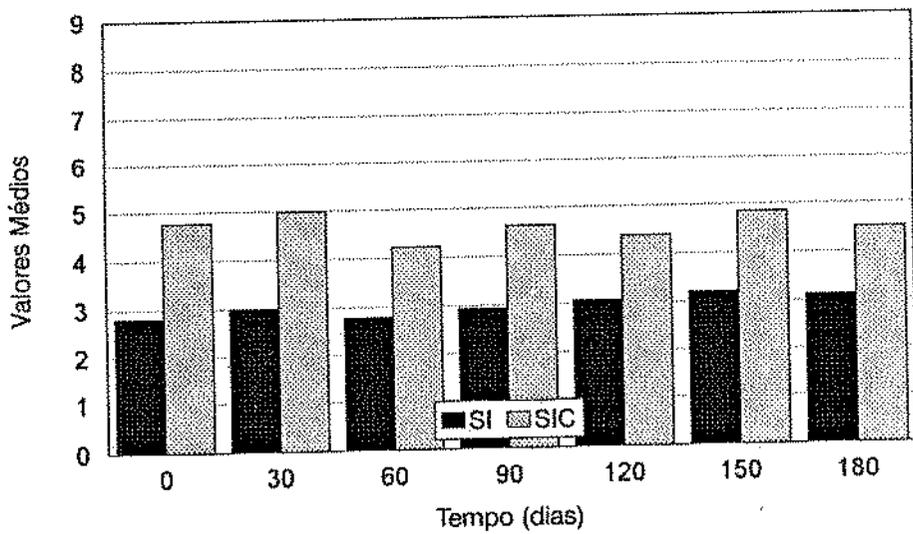
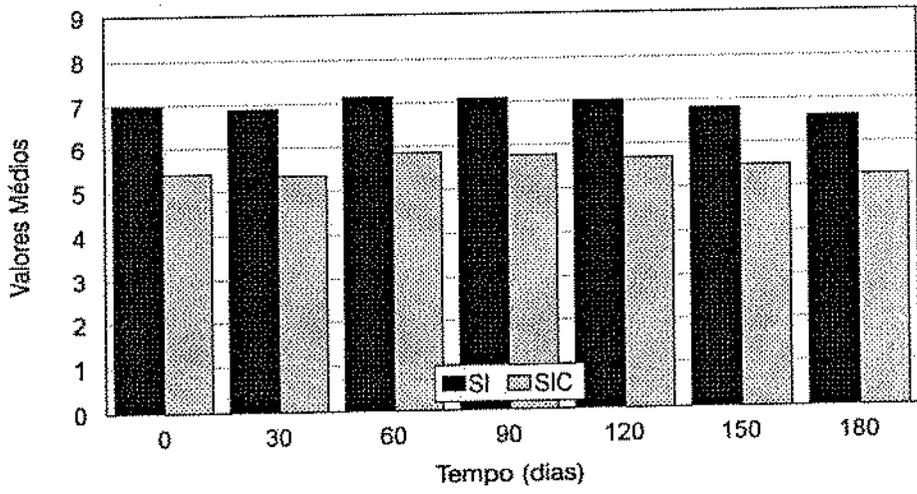


Figura 21. Efeito da concentração e do armazenamento no odor característico (superior) e cozido (inferior) de suco integral de acerola.

A Tabela 35 e Figura 22 apresentam os resultados da avaliação de sabor característico e cozido.

A análise dos dados nessas tabelas mostra que os resultados foram praticamente os mesmos obtidos para os odores característico e cozido, isto é, o suco integral apresenta sabor característico significativamente maior e sabor cozido significativamente menor que o suco integral concentrado, em quase todos os períodos avaliados, exceto para as avaliações realizadas aos 90 dias de estocagem para o atributo sabor característico e 150 e 180 dias para o sabor cozido, que mostra, não existir diferença significativa entre os sucos (Tabelas 32 e 35). Esse sabor cozido mais pronunciado no suco integral concentrado deve-se ao processo de concentração a que foi submetido o produto.

A Tabela 36 e Figura 23 mostram os resultados da avaliação do sabor adstringente e amargo dos sucos.

Essa tabela mostra que o suco integral apresentou sabor mais adstringente em relação ao suco integral concentrado em todos os períodos de estocagem. A avaliação sensorial do sabor amargo não mostrou diferença entre os sucos em todos os períodos de avaliação (Tabela 36).

A Tabela 37 e Figura 24 apresentam os valores obtidos da análise da cor característica dos sucos.

A análise da Tabela 37 mostra existir uma tendência a se obter cor mais característica no suco integral concentrado, porém essa diferença não é significativa (Tabela 31) entre os sucos processados durante todos os períodos avaliados.

A avaliação de preferência dos sucos foi realizada sem e com a adição de açúcar aos sucos antes das sessões de análise sensorial até atingirem 13°Brix.

Tabela 35. Valores da avaliação sensorial para os atributos de sabor característico e cozido em cada período de estocagem a -18°C no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração)

Atributo		Período (dias)						
		0	30	60	90	120	150	180
Sabor	SI	6,78	6,53	7,00	6,89	6,99	6,48	6,62
Caract.	SIC	5,84	5,80	5,96	6,28	6,02	5,87	5,73
Sabor	SI	2,06	2,22	2,48	2,46	2,40	3,08	3,00
Cozido	SIC	4,05	4,50	4,68	4,44	4,26	3,96	4,57

SI: suco integral      SIC: suco integral concentrado

Tabela 36. Valores da avaliação sensorial para os atributos de sabor adstringente e amargo em cada período de estocagem a -18 °C no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração)

Atributo		Período (dias)						
		0	30	60	90	120	150	180
Sabor	SI	4,80	4,92	4,74	5,07	5,03	4,86	5,29
Adstrin.	SIC	3,36	3,54	3,50	3,70	3,62	4,00	3,93
Sabor	SI	3,32	3,38	3,20	3,29	3,18	3,61	3,07
Amargo	SIC	3,89	3,75	3,30	3,42	3,34	3,56	3,65

SI: suco integral      SIC: suco integral concentrado

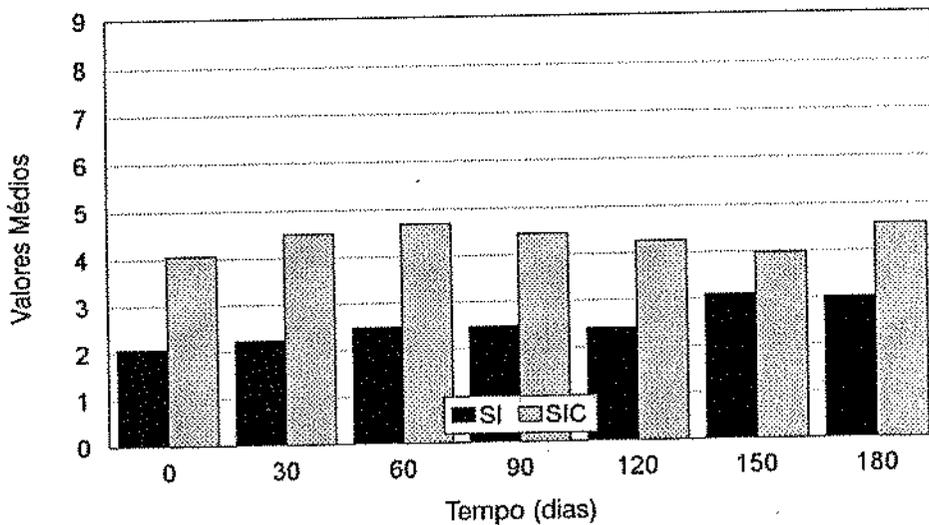
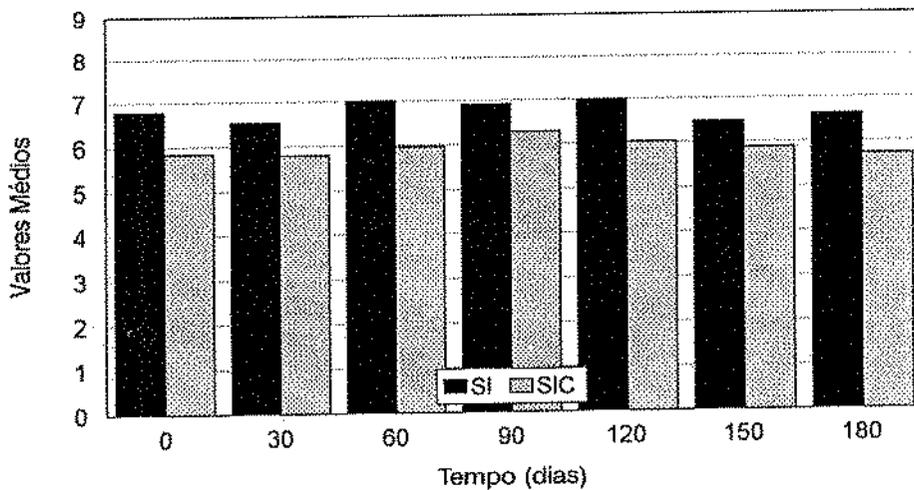


Figura 22. Efeito da concentração e do armazenamento no sabor característico (superior) e cozido (inferior) de suco integral de acerola.

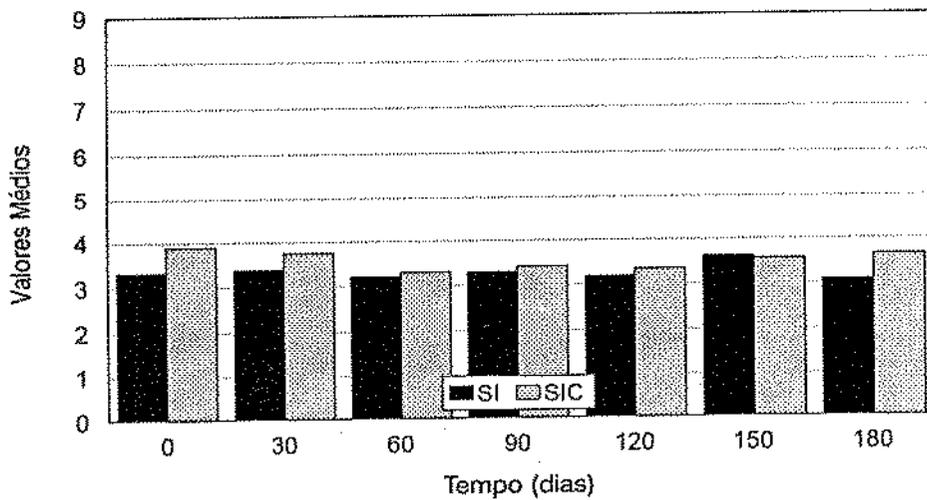
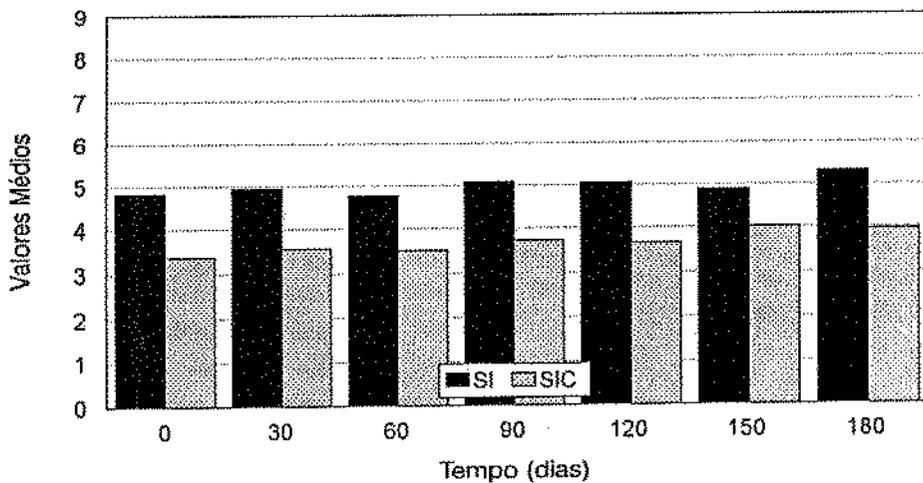


Figura 23. Efeito da concentração e do armazenamento no sabor adstringente (superior) e amargo (inferior) de suco integral de acerola.

Tabela 37. Valores da avaliação sensorial para o atributo de cor característica em cada período de estocagem a -18°C no processamento de suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração)

Atributo		Período (dias)						
		0	30	60	90	120	150	180
Cor	SI	5,21	5,00	5,12	5,30	4,84	4,69	4,94
Caract.	SIC	5,08	5,16	5,26	5,44	5,25	5,01	5,37

SI: suco integral      SIC: suco integral concentrado

A Tabela 38 mostra os valores de F da análise de variância dos dados de preferência em cada período de estocagem dos sucos, sem adição e com adição de açúcar momentos antes da avaliação pelos provadores, enquanto a Tabela 39 apresenta os valores da análise de todo o período, para cada tratamento.

Pela Tabela 38 observou-se a existência de diferença significativa de preferência entre o suco integral e integral concentrado, sem adição de açúcar, em todos os períodos avaliados. Com exceção de 0, 60 e 180 dias, os provadores não apresentaram diferenças significativas entre os seus valores de análise. E não ocorreu interação entre amostra-provador em nenhum período de avaliação.

Pela mesma Tabela acima, verificou-se o desaparecimento da diferença significativa entre os sucos, com a adição de açúcar, em todos os períodos avaliados. Nota-se o efeito da adição de açúcar na percepção sensorial dos provadores com relação às características desagradáveis

como odor e sabor cozido presentes mais intensamente no suco integral concentrado.

A Tabela 39 demonstrou não ocorrer diferença significativa entre os valores de preferência entre cada tempo de estocagem para ambas as amostras de suco, integral e integral concentrado. Portanto, a estocagem até 180 dias parece não afetar a aceitação dos sucos.

Os dados apresentados na Tabela 40 e Figura 25 mostram uma preferência significativa para o suco integral em relação ao suco integral concentrado, nos tratamentos sem adição de açúcar, para cada período de estocagem.

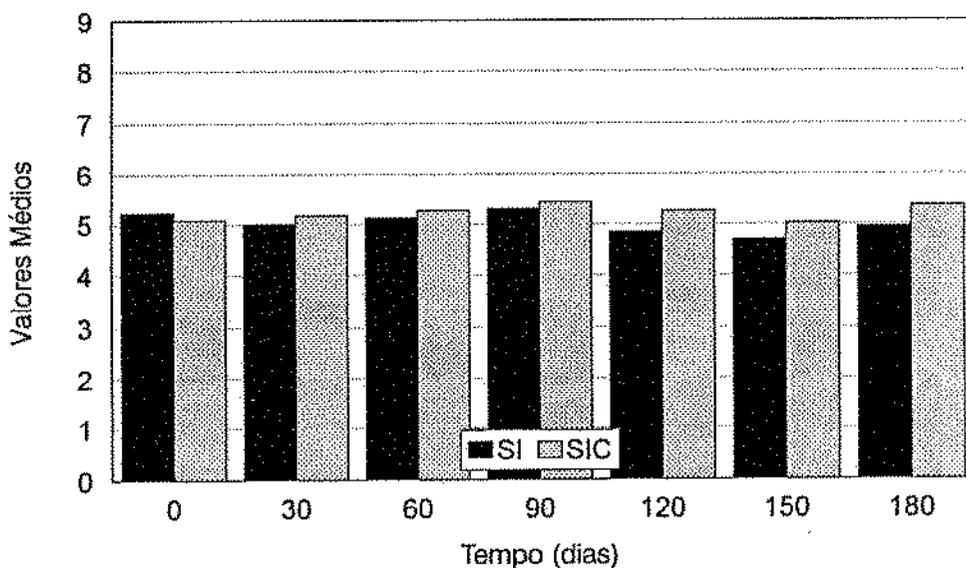


Figura 24. Efeito da concentração e do armazenamento na cor característica de suco integral de acerola.

Tabela 38. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (concentração), provador e interação para a avaliação de preferência de sabor em cada período de estocagem a -18°C

Avaliação	Período de Estocagem(dias)	Fator de Variação		
		Tratamento	Provador	Trat. x Prov.
Preferência (Sem Açúcar)	0	6,41*	3,76*	0,26
	30	5,32*	1,69	0,58
	60	10,84*	3,42*	0,29
	90	4,53*	1,60	0,62
	120	4,25*	1,26	0,78
	150	6,00*	1,75	0,57
	180	6,28*	2,17*	0,45
Preferência (Com Açúcar)	0	2,75	1,74	0,57
	60	0,14	0,96	1,04
	120	2,18	0,97	1,03
	180	0,58	0,84	1,17

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

Tabela 39. Valores de F da análise de variância dos fatores tratamento (tempo de estocagem), provador e interação para a avaliação da preferência de sabor durante o armazenamento de 180 dias a -18°C

Atributo Sensorial	Suco	Fator de Variação		
		Tratamento	Provador	Trat. x Prov.
Preferência (Sem Açúcar)	SI	0,92	5,21*	0,19
	SIC	0,78	4,54*	0,22
Preferência (Com Açúcar)	SI	0,19	1,38	0,72
	SIC	2,25	0,85	1,16

\*: Valores significativos a 5%.

\*\* : Valores significativos a 1%.

S/TT: Sem Tratamento Térmico

C/TT: Com Tratamento Térmico

Tabela 40. Valores da avaliação sensorial para preferência dos sucos, sem e com adição de açúcar, em cada período de estocagem a  $-18^{\circ}\text{C}$  no processamento de suco concentrado

Avaliação		Período (dias)						
		0	30	60	90	120	150	180
Preferência (Sem Açúcar)	SI	6,23	6,56	6,79	6,71	6,60	6,30	6,26
	SIC	5,43	5,86	5,73	5,90	5,86	5,56	5,30
Preferência (Com Açúcar)	SI	6,90	---	6,81	---	7,10	---	7,24
	SIC	7,38	---	7,00	---	6,60	---	6,73

SI: suco integral      SIC: suco integral concentrado

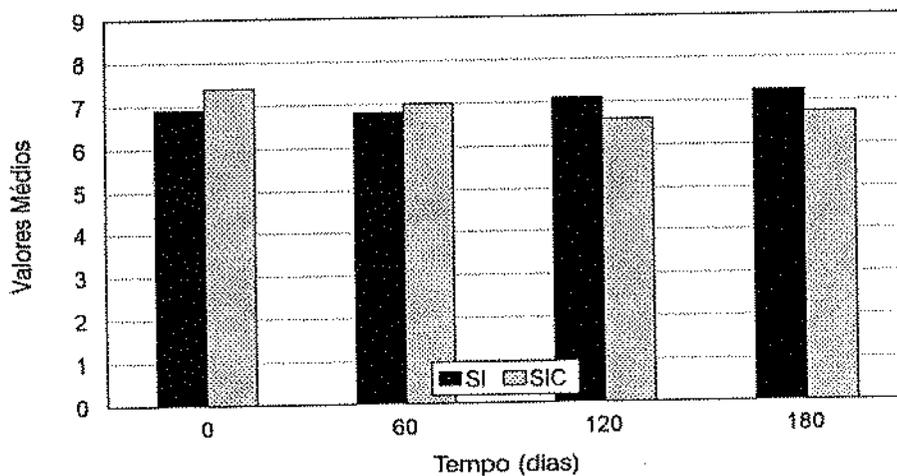
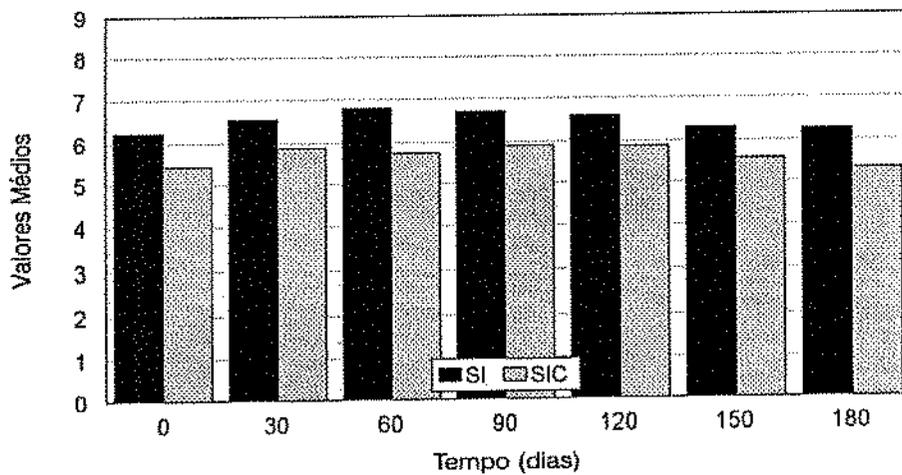


Figura 25. Efeito da concentração, do armazenamento e da adição de açúcar (sem açúcar-superior, com açúcar-inferior) na avaliação de preferência de sabor do suco integral de acerola.

## 4.5 Análise Instrumental da Cor

### 4.5.1 Análise do Suco Integral (Estudo da Matéria-Prima)

Os resultados da avaliação instrumental da cor são apresentados nas Tabelas 41 e 42 e Figura 26.

#### 4.5.1.1 Luminosidade (L Hunter)

Na comparação dos valores de luminosidade a cada período de estocagem entre as amostras com e sem tratamento térmico, observou-se que elas sempre diferiram significativamente entre si e que sempre os valores de luminosidade foram maiores nas amostras com tratamento térmico, ou seja, estas foram mais claras (Tabela 41). Observou-se que, tanto nas amostras com tratamento térmico como nas sem tratamento térmico, ocorreu um aumento dos valores de luminosidade durante o período de estocagem, sendo que este aumento foi maior nas amostras sem tratamento térmico.

A análise de variância das amostras sem tratamento térmico (Tabela 42) mostrou, que com exceção das amostras nos períodos de estocagem de 90 e 120 dias que não diferiram significativamente entre si, as demais diferiram dentro dos períodos estudados. Os aumentos de luminosidade foram progressivos durante o período de estocagem. Nas amostras com tratamento térmico a análise estatística mostrou que as amostras nos períodos de tempo de estocagem de 0, 60 e 90 dias não diferiram entre si, tendo porém diferido das demais. Observa-se praticamente uma igualdade de valores de  $L_{\text{Hunter}}$  para as amostras aos 60 e 90 dias de estocagem, entretanto pode-se verificar um ligeiro aumento de luminosidade de época em época. O tratamento térmico e a estocagem promoveram aumento de luminosidade nas amostras, provavelmente provocada pelo pigmento antocianico que não degradado confere as amostras cor vermelha escura e degradado possibilita o aparecimento de cor amarela clara proporcionada provavelmente por pigmentos carotenóides.

Tabela 41. Parâmetros de cor (L, a, b Hunter) do suco integral de acerola sem e com tratamento térmico em cada período de estocagem à -18°C

Parâmetro	Período (dias)							
	0	30	60	90	120	150	180	
$L_{\text{Hunter}}$	S/TT	34,33b	36,06b	38,46b	37,93b	38,80b	38,96b	39,39b
	C/TT	43,53a	43,00a	43,73a	43,79a	44,26a	44,86a	45,66a
$a_{\text{Hunter}}$	S/TT	22,13a	19,23a	18,90a	18,53a	17,36a	15,56a	14,90a
	C/TT	14,40b	14,40b	13,66b	13,60b	13,26b	12,83b	12,36b
$b_{\text{Hunter}}$	S/TT	17,76b	19,50b	19,63b	20,03b	20,56b	21,13b	21,83b
	C/TT	23,96a	23,86a	24,19a	24,36a	24,73a	25,03a	25,63a

$L_{\text{Hunter}}$ : luminosidade     $a_{\text{Hunter}}$ : vermelho     $b_{\text{Hunter}}$ : amarelo  
S/TT: sem tratamento térmico    C/TT: com tratamento térmico  
Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente ( $p < 0,05$ ) entre si.

Tabela 42. Estudo estatístico da variação dos parâmetros de cor (L, a, b Hunter) das amostras de suco integral de acerola sem e com tratamento térmico durante 180 dias de estocagem à -18°C

Período (dias)	L <sub>Hunter</sub>		a <sub>Hunter</sub>		b <sub>Hunter</sub>	
	S/TT	C/TT	S/TT	C/TT	S/TT	C/TT
0	34,33f	43,53d	22,13a	14,40a	17,76f	23,96ef
30	36,06e	43,00e	19,23b	14,40a	19,50e	23,86f
60	37,93d	43,73d	18,90bc	13,66b	19,63e	24,19de
90	38,46c	43,79d	18,53c	13,60b	20,03d	24,36d
120	38,80bc	44,26c	17,36d	13,26bc	20,56c	24,73c
150	38,96b	44,86b	15,56e	12,83c	21,13b	25,03b
180	39,39a	45,66a	14,90f	12,36d	21,83a	25,63a
DMS(5%)	0,35	0,27	0,60	0,46	0,23	0,24

L<sub>Hunter</sub>: luminosidade    a<sub>Hunter</sub>: vermelho    b<sub>Hunter</sub>: amarelo  
S/TT: sem tratamento térmico    C/TT: com tratamento térmico  
DMS(5%): diferença mínima significativa pelo Teste Tukey à 5%.  
Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si.

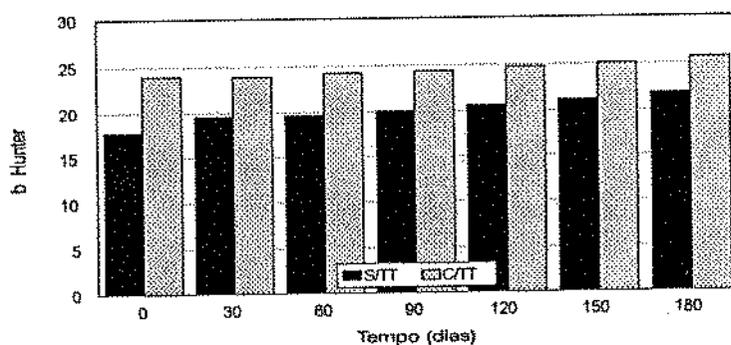
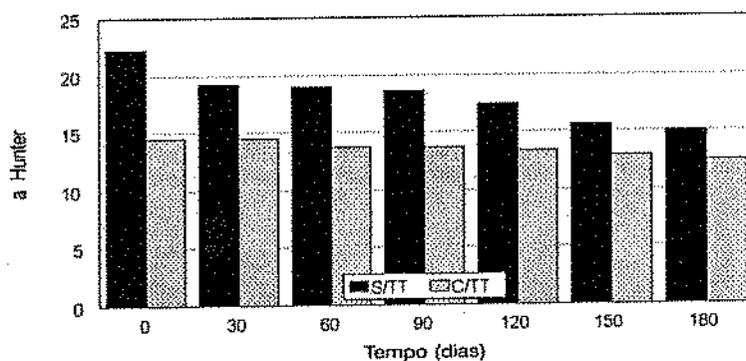
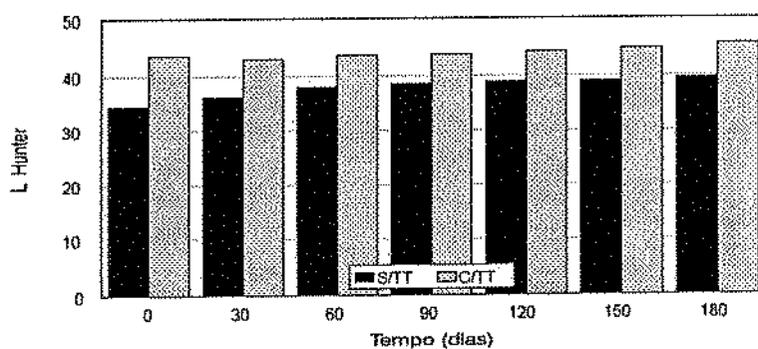


Figura 26. Cor (Sistema Hunter) de suco integral de acerola tratado (C/TT) e não tratado termicamente (S/TT).

#### 4.5.1.2 Vermelho (a Hunter)

Os valores de vermelho mostraram que para todos os períodos de estocagem houveram diferenças significativas entre as amostras com e sem tratamento térmico, sendo que os valores de intensidade de vermelho sempre foram maiores para as amostras sem tratamento térmico (Tabela 41). Observou-se para ambos os tratamentos a ocorrência de uma diminuição da intensidade de vermelho durante o período de armazenamento, sendo mais acentuada nas amostras sem tratamento térmico.

Observa-se pelos dados na Tabela 41, que o tratamento térmico promoveu intensa diminuição do valor de vermelho nas amostras tratadas termicamente em relação as não tratadas. A análise estatística das amostras sem tratamento térmico mostrou que exceto a amostra aos 60 dias de estocagem não diferiu significativamente das amostras aos 30 e 90 dias, tendo diferido das demais, enquanto as outras diferiram durante a estocagem. As amostras com tratamento térmico diferiram menos entre si. As amostras com 0 e 30 dias; 60, 90 e 120 dias; e 120 e 150 dias não diferiram significativamente entre si. A diminuição da intensidade dos valores de vermelho das amostras com o tratamento térmico foi menor que a das amostras sem tratamento térmico (Tabela 42), provavelmente devido a maior intensidade de degradação das antocianinas por reações químicas e enzimáticas nas amostras sem tratamento térmico.

#### 4.5.1.3 Amarelo (b Hunter)

O tratamento térmico promoveu aumento dos valores de amarelo. A comparação dos valores de intensidade de amarelo em cada período de estocagem entre as amostras com e sem tratamento térmico mostrou que sempre houve diferença significativa entre elas e que as amostras com tratamento térmico sempre apresentaram valores maiores de intensidade de amarelo (Tabela 41). Observou-se para todas as amostras com e sem tratamento térmico o aumento dos valores de intensidade de amarelo durante o período de estocagem, que foi mais intenso nas amostras sem

tratamento térmico. A cor amarela do suco possivelmente é mascarada pela cor vermelha. A degradação mais intensa da cor nas amostras sem tratamento térmico provoca um aumento mais intenso de amarelo nessas mesmas amostras.

A análise estatística das amostras sem tratamento térmico (Tabela 42) mostraram que exceto entre os períodos de 30 e 60 dias, os outros diferiram entre si dentro dos períodos estudados. As amostras com tratamento térmico nos períodos de 0 e 30 dias, 60 e 90 dias não diferiram significativamente entre si, ao contrário das outras amostras.

A comparação dos valores de cor por avaliação sensorial e objetiva mostrou diferenças de L, a, b Hunter, provocada pelo tratamento térmico do suco, com intensidade que também proporcionou a detecção pela equipe sensorial. A estocagem dos sucos também provocou alterações dos valores de L, a, b Hunter, porém essas não foram detectadas pelos provadores.

#### **4.5.2 Análise do Suco Integral Concentrado (Estudo da Concentração)**

Os resultados da avaliação da cor encontram-se nas Tabelas 43 e 44 e Figura 26.

##### **4.5.2.1 Luminosidade (L Hunter)**

Na comparação dos valores de luminosidade a cada período de estocagem entre as amostras de suco integral e suco integral concentrado verificou-se não existir diferença significativa entre elas (Tabela 43). Observou-se tanto nas amostras de suco integral como de suco integral concentrado a ocorrência de pequeno aumento dos valores de luminosidade até 150 dias de estocagem (Tabela 44), após o que, aos 180 dias, ocorreu aumento mais intenso de luminosidade.

Tabela 43. Parâmetros de cor L, a, b Hunter do suco integral e integral concentrado de acerola em cada período de estocagem à -18°C

Parâmetro	Período (dias)							
	0	30	60	90	120	150	180	
L <sub>Hunter</sub>	SI	60,11a	59,59a	60,43a	60,45a	60,47a	59,97a	62,40a
	SIC	60,06a	60,73a	60,19a	60,10a	60,02a	60,63a	62,69a
a <sub>Hunter</sub>	SI	17,43a	17,38a	16,88a	16,54a	16,20a	16,19a	13,45a
	SIC	17,84a	16,96a	17,10a	16,92a	16,75a	15,43a	14,00a
b <sub>Hunter</sub>	SI	35,29a	35,19a	35,59a	35,68a	35,76a	35,62a	36,37a
	SIC	35,54a	35,93a	35,61a	35,64a	35,68a	35,94a	36,86a

L<sub>Hunter</sub>: luminosidade    a<sub>Hunter</sub>: vermelho    b<sub>Hunter</sub>: amarelo

SI: suco integral    SIC: suco integral concentrado

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente (p<0,05) entre si.

Tabela 44. Estudo estatístico da variação dos parâmetros de cor (L, a, b Hunter) das amostras de suco integral e integral concentrado de acerola durante 180 dias de estocagem à -18°C

Período (dias)	L <sub>Hunter</sub>		a <sub>Hunter</sub>		b <sub>Hunter</sub>	
	SI	SIC	SI	SIC	SI	SIC
0	60,11ab	60,06b	17,43a	17,84a	35,29b	35,54b
30	59,59b	60,73b	17,38a	16,96a	35,25b	35,93b
60	60,43ab	60,19b	16,88a	17,10a	35,59ab	35,61b
90	60,45ab	60,10b	16,54a	16,92a	35,68ab	35,64b
120	60,47ab	60,02b	16,20a	16,75a	35,76ab	35,68b
150	59,97b	60,63b	16,19a	15,43b	35,62ab	35,94b
180	62,40a	62,69a	13,45b	14,00c	36,37a	36,86a
DMS(5%)	2,37	0,85	2,12	1,13	1,02	0,51

L<sub>Hunter</sub>: luminosidade    a<sub>Hunter</sub>: vermelho    b<sub>Hunter</sub>: amarelo  
 SI: suco integral    SIC: suco integral concentrado  
 DMS(5%): diferença mínima significativa pelo Teste Tukey à 5%.  
 Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre si.

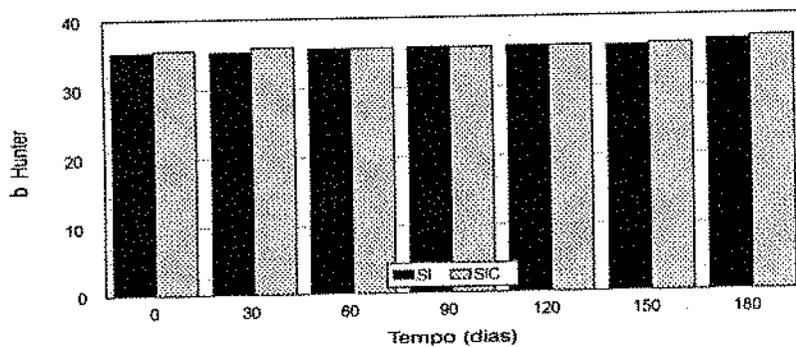
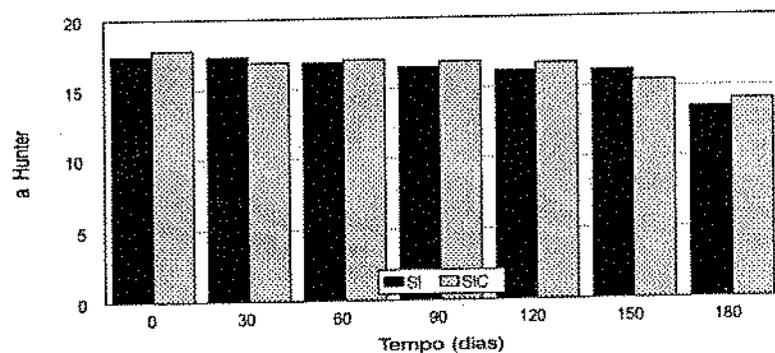
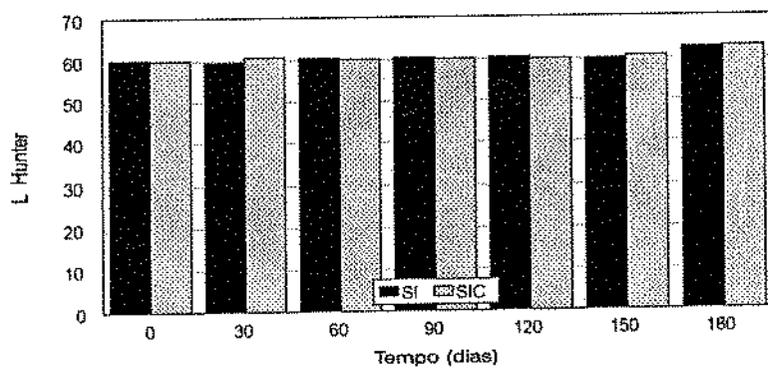


Figura 27. Cor (Sistema Hunter) de suco integral (SI) e integral concentrado de acerola (SIC).

A análise de variância do suco integral mostrou que as amostras estocadas durante 30 e 150 dias diferiram significativamente da estocada a 180 dias, porém não diferiram das demais (Tabela 44). Porém, os valores discordantes das amostras aos 30 e 150 dias, nesse caso, são explicados por possíveis erros de amostragem durante a avaliação.

#### 4.5.2.2 Vermelho (a Hunter)

Os valores de vermelho mostraram não ocorrer diferença significativa entre as amostras de suco integral e suco integral concentrado em todos os períodos de estocagem (Tabela 43). Observou-se a diminuição da intensidade de vermelho durante o período de estocagem nas amostras de suco integral e suco integral concentrado, que foi mais intensa aos 150 e 180 dias.

A análise estatística do suco integral demonstrou que com exceção da amostra aos 180 dias de estocagem, as outras não diferiram significativamente entre si. As amostras de suco integral concentrado com 150 e 180 dias diferiram significativamente entre si e das demais amostras (Tabela 44).

#### 4.5.2.3 Amarelo (b Hunter)

A comparação dos valores de intensidade de amarelo em cada período de estocagem entre as amostras de suco integral e suco integral concentrado mostrou não existir diferença significativa em qualquer período analisado (Tabela 43). Observou-se em todas as amostras de suco integral e suco integral concentrado uma pequena variação dos valores de intensidade de amarelo durante o período de estocagem.

As amostras de suco integral aos 0 e 30 dias de estocagem diferiram significativamente da estocada a 180 dias, não tendo entretanto diferido das demais (Tabela 44).

O processo de concentração teve pequena influência nos parâmetros LabHunter de cor das amostras, assim como o período de estocagem.

A comparação dos dados de cor obtidos por avaliação sensorial e instrumental demonstrou que a concentração não provocou alterações na cor do suco que fossem detectadas por ambos os métodos. O armazenamento dos sucos proporcionou alteração da cor verificada pelos valores de L, a, b Hunter, porém essa alteração não foi observada pela equipe sensorial. A quantidade de antocianinas tiveram pequena modificação devido a concentração e durante o período de estocagem.

#### **4.6 Análises Microbiológicas**

Os resultados das análises microbiológicas durante o período de armazenamento são apresentados nas Tabelas 45 e 46.

Os valores dessas tabelas mostram que ambos os sucos estudados (matéria-prima e concentração) apresentaram resultado negativo para o teste presuntivo de coliformes fecais e contagem dentro dos limites aceitáveis de bactérias totais, e bolores e leveduras durante todo o período de armazenamento (BRASIL, 1987).

Tabela 45. Contagem Total de Bactérias (UFC/g) do suco sem e com tratamento térmico (Estudo da Matéria-Prima) e do suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração)

Suco	Período (dias)		
	0	90	180
S/TT	$0,8 \times 10^3$	$0,5 \times 10^3$	$0,5 \times 10^3$
C/TT	0	0	0
SI	$1,2 \times 10^3$	$0,9 \times 10^3$	$0,8 \times 10^3$
SIC	$1,6 \times 10^3$	$1,2 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$

UFC: unidade formadora de colônia

S/TT: Sem Tratamento Térmico      C/TT: Com Tratamento Térmico

SI: suco integral      SIC: suco integral concentrado

Tabela 46. Contagem de Bolores e Leveduras do suco sem e com tratamento térmico (Estudo da Matéria-Prima) e do suco integral e integral concentrado (Estudo da Concentração)

Suco	Período (dias)		
	0	90	180
S/TT	$4,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$
C/TT	0	0	0
SI	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$
SIC	$1,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^1$	$1,0 \times 10^1$

S/TT: Sem Tratamento Térmico      C/TT: Com Tratamento Térmico  
 SI: suco integral      SIC: suco integral concentrado

## 5. CONCLUSÕES

No processamento de suco integral (Estudo da Matéria-Prima) pode-se concluir que:

A extração obtida foi de 83% (p/p) foi superior as obtidas em experimentos anteriores com acerola (48 a 73%).

O tratamento térmico de 88°C por 45 segundos proporcionou estabilidade microbiológica para o produto;

Os sucos, tratado e não tratado termicamente, apresentaram estabilidade química e fisico-química durante todo o período de armazenamento. A pasteurização proporcionou uma perda média de 12% de ácido ascórbico. Durante o armazenamento, as perdas desse ácido parecem não ter sido elevadas, em valores relativos, para ambos os sucos, sendo menores para o suco tratado termicamente;

A análise sensorial demonstrou que o suco não tratado termicamente apresentou odor, sabor e cor mais característicos que o suco tratado. Os testes de aceitação do sabor dos sucos mostraram preferência significativa dos provadores pelo suco não tratado termicamente. Ambos os sucos apresentaram estabilidade sensorial durante todo o período de estocagem.

No processamento do suco concentrado (Estudo da Concentração) pode-se obter as seguintes conclusões:

A concentração do suco foi obtida em uma única passagem no concentrador centrífugo, elevando o Brix de 7,5 para 16,5, e terminando o processo na viscosidade aparente desejada;

Os sucos, integral e integral concentrado, apresentaram estabilidade química, fisico-química e microbiológica durante todo o período de

estocagem. A etapa de concentração proporcionou uma perda média de 6% de ácido ascórbico. As perdas desse ácido durante a estocagem pareceram não elevadas, em valores relativos, para ambos os sucos;

O estudo do comportamento reológico do produto demonstra o caráter pseudoplástico do suco integral e integral concentrado de acerola;

A avaliação sensorial dos sucos mostrou que para os atributos de odor característico e cozido e sabor característico, cozido e adstringente, os valores foram significativamente maiores para o suco integral em comparação ao suco integral concentrado. Os testes de aceitação do sabor dos sucos mostraram preferência significativa dos julgadores pelo suco integral, porém a adição de açúcar, antes da análise pelos provadores, até atingir 13,5°Brix, provocou o desaparecimento da diferença significativa na preferência entre os sucos, provocado possivelmente pelo mascaramento da intensidade de atributos indesejáveis. Ambos os sucos apresentaram estabilidade sensorial durante todo o período de armazenamento.

Esse experimento fez surgir indagações e acabou por criar diretrizes para futuros trabalhos com essa fruta. Estes poderão esclarecer de maneira definitiva tópicos como o mecanismo de transformação e perda de ácido ascórbico em acerola, o complexo enzimático do suco, a maximização da concentração do suco através da redução do teor de polpa e o processo de degradação da cor e o modo de estabilizar esse atributo.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- ALVES, R. E. Cultura da Acerola. In: DONADIO, L. C. **Curso de Fruticultura Tropical**. F.C.A.U.J. 1992, 268p.
- A.O.A.C. (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis**; edited by Sidney Williams. 14.ed. Arlington, 1984. 1141p.
- AROSTEGUI, F.; ASENJO, C. F.; MUÑIZ, A. I.; ALEMAÑY, L. Studies on the West Indian Cherry, *Malpighia puniceifolia* L.; observations on a promising selection. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society** 67: 250-255, 1955.
- ASENJO, C. F. & MOSCOSO, C. G. Ascorbic acid content and other characteristics of West Indian Cherry. **Food Research** 15: 103-106, 1950.
- ASENJO, C. F. & FREIRE de GUZMÁN, S. The high ascorbic acid content of the West Indian Cherry. **Science** 103: 219, 1946.
- ASENJO, C. F. Acerola. In: NAGY, S. & SHAW, P. E. **Tropical and Subtropical fruits composition, properties and uses**. Westport, AVI, 1980. p. 341-374.
- ASENJO, C. F. Aspectos químicos y nutritivos de la acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). **Ciencia** 19(6/7): 109-118, 1959.
- ASENJO, C. F. Vitamin C in acerola and rose hips. **Journal Agricultural of the University of Puerto Rico** 43: 212-213, 1959.
- ASENJO, C. F. Nutrient composition, flavor qualities and other characteristic of the West Indian Cherry (WIC). **Abstracts of Papers American Chemical Society** 176AGFD49, 1978.

- ASENJO, C. F.; PEÑALOZA, A.; MEDINA, P. Characterization of an ascorbase present in the fruit of the *Malpighia puniceifolia* L. **Federation Proceedings** 19(1), Pt 1, 1960.
- BENASSI, M. T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados.** Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1990. 159p. Tese (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.
- BENSIMON, C. Ojo al kiwi: ilega la *Malpighia puniceifolia*. **Ceres-Revista de la FAO** 132: 9-10, 1991.
- BLIGH, E. G. & DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology** 37: 911-917, 1959.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos. Portaria nº1, de 28 de janeiro de 1987.
- BRENNAN, J. G.; BUTTERS, J. R.; COWELL, N. D.; LILLY, A. E. V. **Food Engineering Operations.** Amsterdam, Elsevier Publishing, 1969. 443p.
- BROWN, B. I. Observations on physical and chemical properties of acerola fruit and puree. **Queensland Journal of Agriculture and Animal Science** 23: 599-604, 1966.
- CAMARGO, R. de et alii. **Tecnologia dos produtos agropecuários.** São Paulo, Ed. Nobel, 1984. 309 p.
- CANCIO, M. & LEON, J. M. Sodium and potassium in Puerto Rican foods and waters. **Journal of the American Dietetic Association** 35: 1165-1169, 1959.
- CAVALCANTE, M. L. **Composição de Carotenóides e Valor de Vitamina A na Pitanga (*Eugenia uniflora*) e Acerola (*Malpighia***

*glabra* L.). Rio de Janeiro, Instituto de Nutrição, 1991. 86 p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

CHICHESTER, C. O. & McFETTERS, R. Pigment degeneration during processing and storage. In: **The Biochemistry of Fruits and Their Products**. Londres, Academic Press, 1971. v. 2, p. 107- 152.

CLEIN, N. W. Acerola juice. The richest known source of vitamin C. **Journal of Pediatrics** 48: 140-145, 1956.

COUCEIRO, E. M. Acerola (*Malpighia glabra* L.) Fabulosa fonte de vitamina C natural. Recife-PE, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 1986. In: **REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA**, 10, Natal, 1986.

CRAVIOTTO, R. E. Valor nutritivo de alimentos mexicanos. **Ciencia** 40: 9-17, 1951.

DAMÁSIO, M. H. Medida das propriedades mecânicas e da textura de géis mistos de K-carragenato-goma garrofin-goma guar. Influência da composição e relação entre os dados instrumentais e sensoriais. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1990. Tese (doutorado). Universidade Estadual de Campinas.

DAMÁSIO, M. H. & COSTELL, E. Análisis sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos** 31(2): 165-178, 1991.

DAWSON, R. H. Sensory testing guide for panel evaluation of food and beverages. **Food Technology** 18(8): 25-31, 1964.

DEL CAMPILLO, A. & ASENJO, C. F. The distribution of ascorbic acid, dehydroascorbic acid and diketogulonic acid in the acerola fruit at different stages of development. **Journal of Agricultural of the University Puerto Rico** 41: 161-166, 1957.

- DERSE, P. H. & ELVEJHEM, C. A. Nutrient content of Acerola, a rich source of vitamin C. *Journal of the American Medical Association* 156: 1501-1509, 1954.
- DESHPANDE, S. S.; CHERYAN, M.; SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Freeze Concentration of Fruit Juices. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 20(3): 173-248, 1984.
- DURÁN, L. Controle de qualidade na indústria de alimentos. In: SEMINÁRIO DE CONTROLE DE QUALIDADE NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: resumos. Campinas, ITAL, 1991. p. 1.
- FENNEMA, O. R. *Introducción a la ciencia de los alimentos*. Barcelona, Ed.Reverté, 1982. v. 1.
- FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R.; INOMOTO, M. M. Hospedabilidade da acerola em relação a sete espécies de fitonematóides. *Nematologia Brasileira* 13: 181-183, 1989.
- FITTING, K. O. & MILLER, C. D. Variation in the ascorbic acid content of individuals fruits of the acerola. *Hawaii Farm Science* 7(2): 7-15, 1958.
- FONSECA, H.; NOGUEIRA, J. N.; MARCONDES, A. M. S. Teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em frutas e hortaliças brasileiras. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion* 19(1): 9-16, 1969.
- FONSECA, J. L. F. Suco de Maracujá Concentrado. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1971. 86p. Tese (Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas.
- GALSTON, A. W. & DAVIES, P. J. *Mecanismos de controle no desenvolvimento vegetal*. São Paulo, Ed. Edgard Blucher, 1972. 171p.

- GARRUTI, D. S. **Contribuição ao estudo da estabilização física do suco de maracujá integral (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg.)**. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1989. 198p. Tese (Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas.
- GILMAN, H. **Organic Chemistry**. New York, John Wiley & Sons Inc., 1944. v. 2.
- GIRARDOT, N. F.; PERYAM, D. R.; SHAPIRO, R. Selection of sensory testing panels. **Food Technology** 6(4): 140-143, 1952.
- GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage Fiber Analysis. **Agricultural Handbook** nº 375, 1970.
- GOLDONI, J. S.; CEREDA, M. P.; CEREDA, E.; CAGLIARI, A. M. Variação do teor de ácido ascórbico em suco integral durante armazenamento pelo frio. I. Morango (*Fragaria sp.*). **Alimentação** 55: 24-30, 1981.
- GORTNER, W. A. & SINGLETON, V. L. Carotenoid pigments of pineapple fruit. 2. Influence of fruit ripeness, handling and processing on pigment isomerization. **Journal of Food Science** 26: 53-65, 1961.
- GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 5.ed., São Paulo, Nobel, 1973. 468p.
- GRAY, R. M. The Plate Evaporator. **Journal of Applied Chemistry and Biotechnology** 21: 359-362, 1971.
- GUADARRAMA, A. Algunos cambios químicos durante la maduración de frutos de semeruco (*Malpighia punicifolia* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía de la Univ. Centr. Venez.** 13(1/4): 111-128, 1984.

- HUSZAK, S. The function of the peroxidase systems of plants. *Zeitschrift für Physiologische Chemie* 247: 239-247, 1937.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. São Paulo, Ed. Coordenadoria dos serviços técnicos especializados-Secretaria de Estado da saúde, 1976. v.1, 371 p.
- ITOO, S.; AIBA, M.; ISHIHATA, K. Comparison of ascorbic acid content in acerola fruit from different production region depend on degree of maturity, and it's stability by processing. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* 37(9): 726-729, 1990.
- JAFFLE, W. G.; BUDOWSKI, P.; GORRA, G. Estudio sobre el contenido de ácido ascórbico (vitamina C) en los principales frutos de Venezuela. *Archivos Venezolanos de Nutricion* 1: 83-106, 1950.
- JOHNSON, S. W. & ZILVA, S. S. The relation between the rate of enzymic oxidation and the stereochemical structure of ascorbic acid and its analogues. *Biochemistry Journal* 31: 1366-1374, 1937.
- KAREL, M. Concentration of foods. In: KAREL, M.; FENNEMA, O. R.; LUND, D. B. *Principles of Food Science*, New York, Ed. Marcel Dekker, 1975. part II, p. 265-280.
- KAREL, M. Membrane separation processes and freeze concentration in the 1980s. *Proceedings of the Royal Society* 191: 21-30, 1975a.
- KEILIN, D.; HARTREE, E. F. Cytochrome oxidase. *Proceedings of the Royal Society* 125: 171-186, 1938.
- KIMBALL, L. B. & KERTESZ, Z. I. Pratical determination of size distribution of suspended particles in macerated tomato products. *Food Technology* 6(2): 68-71, 1952.

- KNIGHT Jr., R. J. Origin and world importance of tropical and subtropical fruit crops. In: NAGGY, S. & SHAW, P. E. **Tropical and subtropical fruits**, Westport AVI Publishing, , 1980. p. 1-120.
- LEDIN, R.B. The Barbados or West Indian Cherry. **Florida Agricultural Experiment Station. Bulletin 594**: 1-27, 1958.
- LEME Jr., J.; FONSECA, H.; NOGUEIRA, J. N. Variação do teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em cereja-das-Antilhas (*Malpighia puniceifolia* L.) liofilizada. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion 23(2)**: 207-215, 1973.
- LÓPEZ, A. P. Relation of maturity to some fruit characters of the West Indian Cherry. **Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico 47**: 193-200, 1963.
- MALIKI, Y. & VELDSTRA, J. Aroma Retention and Heat Transfer **Food Technology 22(9)**: 15-23, 1967.
- MARINO NETTO, L. **Acerola, a cereja tropical**. São Paulo, Nobel, 1986. 94p.
- MARTIN, S. L. Selection and training of sensory judges. **Food Technology 27(11)**: 22-26, 1973.
- MEDEIROS, R. B. Teores de ácido ascórbico, ácido dehidroascórbico e ácido dicetogulônico na acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) verde e madura. **Revista Brasileira de Medicina 26(7)**: 398-400, 1969.
- MEDINA, P. Characterization of an ascorbase present in the fruit of the *Malpighia puniceifolia* L. **Federation Proceedings 19(1)**, Pt. 1, 1960.
- MILLER, C. D.; WENKAM, N. S.; FITTING, K. O. Acerola-Nutritive value and home use. **Hawaii Agricultural Experiment Station. Circular 59**: 1-18, 1961.

- MILLS, M. M.; DAMRON, C.M.; ROE, J.H. Ascorbic acid, dehydroascorbic acid, and diketogulonic acid in fresh and processed foods. *Analytical Chemistry* 21: 707-709, 1949.
- MIYASHITA, R. K.; NAKASONE, H.Y.; LAMOUREX, C.H. **Reproductive morphology of acerola (*Malpighia glabra* L.).** Honolulu, University of Hawaii, 1964. 28p. (Bulletin, 63).
- MORELL, S. A. Rapid photometric determination of ascorbic acid in plant materials. *Industrial Engineering Chemistry* 13(11): 793-794, 1941.
- MOSCOSO, C. G. West Indian Cherry-Richest known source of natural vitamin C. *Economic Botany* 10(3): 280-294, 1956.
- MUNSELL, H. E. Composition of food plants of Central America. III. Guatemala. *Food Research* 15: 34-52, 1950.
- MUSTARD, M. J. The ascorbic acid content of some Malpighian fruit and jellies. *Science* 104: 230-235, 1946.
- NAKASONE, H. Y.; MIYASHITA, R.K.; YAMANE, G.M. Factors affecting ascorbic acid content of the acerola (*Malpighia glabra* L.). *Proceedings of the American Society Horticultural Science* 89: 161-166, 1966.
- NAKASONE, H. Y.; MIYASHITA, R. K.; YAMANE, G. M. Selection, evaluation and naming of acerola (*Malpighia glabra* L.) cultivars. **Hawaii Agricultural Experiment Station. Circular 65: 1-19, 1968.**
- NEBESKY, E. A.; ESSELEN, Jr. W. B.; McCONNELL, J. E. W.; FELLERS, C. R. Stability of color in fruit juices. *Food Research*, 14(3): 261-274, 1949.

- NOBLE, I. & HANIG, M. M. D. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of raw and cooked vegetables. *Food Research*, 13(6): 461-471, 1948.
- ONGULESI, A. T. & LEE, C. Y. Effect of thermal processing on the stereoisomerization of major carotenoids and vitamin A value of carrots. *Food Chemistry* 4: 911-920, 1979.
- PADULA, M. & RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Characterization of the carotenoids and assessment of the vitamin A value of Brazilian guavas. *Food Chemistry* 20: 11-20, 1986.
- PEARSON, D. *The chemical analysis of foods*. 5.ed., London, J. & A. Churchill, 1970. 452p.
- REED, B. J.; HENDRIX Jr., C. M.; HENDRIX, D. L. *Quality control manual for citrus processing plants*. Flórida, Intercit, 1986. v.1.
- RIBEIRO, A. N. Brasil inicia exportação de cereja tropical. *Folha de São Paulo*, 8 out. 1991. *Agrofolha*, p.1.
- ROBBINS, R. H. & GRESSWELL, D. M. The Evaporations of Fruits Juice *Journal of Applied Chemistry and Biotechnology* 21(3): 35-47, 1971.
- ROCHA, I. C. *Suco de Acerola : Efeito da temperatura de pasteurização e armazenamento*. Recife, Centro de Ciências da Saúde, 1988. 105p. Tese (Mestrado)-Universidade Federal de Pernambuco.
- RUAS, T. C. B. G. *Concentração como método de conservação de alimentos*. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiróz", Universidade de São Paulo, 1986. 85p. (Apostila).
- SAENZ, C. & ZAPATA, A. Preparation of concentrated lemon juices. *Alimentos* 12(3): 23-27, 1987.

- SALUNKHE, D.K. & DESAI, B. B. **Postharvest Biotechnology of fruits.** Boca Raton, CRC Press, 1984. v II.
- SANCHES-NIEVA, F. Extraction, processing, canning and keeping quality of acerola juice. **Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico** 39(4): 175-183, 1955.
- SANTINI Jr., R. & HUYKE, A. S. Identification of the polybasic acids present in guavas and acerola by paper chromatography. **Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico** 40: 86-90, 1956.
- SANTINI Jr., R. & HUYKE, A. S. Identification of the sugars present in fruit of the acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) by paper chromatography. **Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico** 40: 87-89, 1956a.
- SANTINI Jr., R. & HUYKE, A. S. Identification of the anthocyanin present in the acerola which produces color changes in the juice on pasteurization and canning. **Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico** 40: 171-178, 1956b.
- SANTINI Jr., R. Identification and determination of polybasic organic acids present in West Indian (*Malpighia puniceifolia* L.) and in three varieties of guava (*Psidium guajava*). **Journal of Agricultural of the University of Puerto Rico** 37: 195-198, 1953.
- SGARBIERI, V. S. **Alimentação e nutrição.** Campinas, Ed. UNICAMP, 1987. 387 p.
- SHINN, B. E. The Centri-Therm Evaporator and its Application to Heat Sensitive Foods. **Journal of Applied Chemistry and Biotechnology** 21: 366-371, 1971.
- SIMÃO, S. Cereja-das-Antilhas. In: SIMÃO, S. **Manual de Fruticultura.** São Paulo, Ed. Ceres, 1971. p. 477-485.

- SIOZAWA Y. Y. & QUAST, D. G. **Processos de Evaporação na Concentração de Alimentos**. Campinas, ITAL, Instruções Técnicas nº 7, 1975. 102p.
- SISTRUNK, W. A. & CASH, J. N. Ascorbic acid and color changes in summer aquash as influenced by blanch, pH and others treatments. **Journal of Food Science** 35 (5): 645-652, 1970.
- SONDHEIMER, E. & KERTESZ, Z. I. Participation of ascorbic acid in the destruction of anthocyanin in strawberry juice and model systems. **Food Research** 18(5): 475-479, 1953.
- SONDHEIMER, E. & KERTESZ, Z. I. The kinetics of the oxidation of strawberry anthocyanin by hydrogen peroxide. **Food Research** 17(3): 288-298, 1952.
- SPECK, M. L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 2.ed., Washington, D.C., APHA., 1984. 914p.
- SZENT-GYORGI, A. Observations on the function of peroxidase systems and the chemistry of the adrenal cortex. **Biochemistry Journal** 22: 1387-1409, 1928.
- TAUBER, H.; KLEINER, I. S.; MISHKIND, D. Ascorbic acid (vitamin C) oxidase. **Journal of Biological Chemistry** 110: 211-218, 1935.
- TELLES, P. R. S. **Estudo do processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.)**. Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1974. 45p. Tese (Mestrado)-Universidade Estadual de Campinas.
- TOCCHINI, R. P. & LARA, J. C. C. Estudos preliminares da concentração do suco de caju. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos** 16(4): 413-420, 1979.

- TOCCHINI, R. P. et alii. Processamento: Produtos e Subprodutos, características e utilização. In: MEDINA, J. C. et alii. **Abacaxi: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas, ITAL, 1987. p.165-221 (Série Frutas Tropicais, 2).
- PERNAMBUCO. UNIVERSIDADE FEDERAL de PERNAMBUCO. Acerola (*Malpighia glabra* L.) família das Malpighiáceas. **Revista de Química Industrial** 54: 122-124, 1985.
- VALADON, L. R. G. & MUMMERY, R. S. Effect of canning and storage on carotenoids, vitamin A activity and vitamin C in Spanish and Turkish oranges. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 32: 737-745, 1981.
- VAZ, H. Fruta Tropical ganha adeptos no exterior. **Folha de São Paulo**, 3 abr. 1990. Agrolinha, p. 6.
- VIETA de RUIZ, E.; DURAN, O.; ROSENKRANZ, J.; KAUFMAN, E. Contenido de vitamina C en frutas Cubanas. **Informe Médico** 10: 160-165, 1946.
- WENKAM, N. S. & MILLER, C. D. Composition of Hawaii Fruits, **University of Hawaii**, 1965, Bulletin 135.
- WILLS, R. B. H.; WIMALASINI, P.; GREENFIELD, H. Dehydroascorbic acid levels in fresh fruit and vegetables in relation to total vitamin C activity. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 32(4): 836-838, 1984.
- WROLSTAD, R. E. Color and pigment analysis in fruit products. **Oregon Agricultural Experiment Station**. Bulletin 624, 1976.
- YAMANE, G. M. & NAKASONE, H. Y. Pollinization and fruit set studies of acerola (*Malpighia glabra* L.). **Hawaii Proceedings American Society Horticultural Science** 78: 141-148, 1961.

YOSHIDA, E. K. Suco naturalista busca rico público naturalista. Folha de São Paulo, 3 ab. 1990. Agrofolha, p. 6.