



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

AValiação DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E
SENSORIAIS DE POLPA DE ACEROLA (*Malpighi emarginata* D.C.)
SUBMETIDAS A DIFERENTES TÉCNICAS DE CONGELAMENTO

MÁRCIA SUELY OVÍDIO DE ARAÚJO

Campina Grande
Paraíba

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO

**AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS E SENSORIAIS DE POLPA DE ACEROLA**
(Malpighi emarginata D.C.) SUBMETIDAS A DIFERENTES
TÉCNICAS DE CONGELAMENTO

DISSERTAÇÃO.

MÁRCIA SUELY OVÍDIO DE ARAÚJO

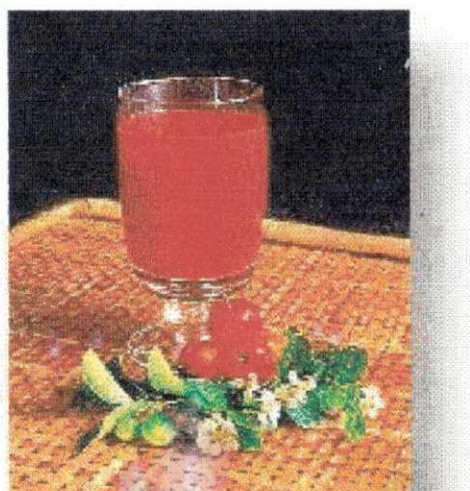
Campina Grande – Paraíba
2000



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas



Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de polpa de acerola (Malpighia emarginata D.C.) submetida a diferentes técnicas de congelamento



Campina Grande-PB
Fevereiro - 2000

Márcia Suelly Ovidio de Araújo

*Avaliação das características físico-químicas e sensoriais
de polpa de acerola (Malpighia emarginata D.C.) submetida a
diferentes técnicas de congelamento*

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimentos às exigências para obtenção do grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

ORIENTADORA: Prof^a. Dr^a. Maria Elita Duarte Braga

Campina Grande-PB
Fevereiro - 2000



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

MÁRCIA SUELY OVÍDIO DE ARAÚJO

Título: " Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de polpa de Acerola (*Malpighi emarginata* D.C.) submetidas a diferentes técnicas de congelamento".

BANCA EXAMINADORA

PARECER

M. Elita D. Braga
Profa. Dra. Maria Elita D. Braga-Orientadora

APROVADA COM DISTINÇÃO

Mário Eduardo R.M.C. Mata
Prof. Dr. Mário Eduardo R.M.C. Mata-Co-Orientador

APROVADA COM DISTINÇÃO

Rossana M. F. de Figueiredo
Profa. Dra. Rossana M. F. de Figueiredo-Examinadora

Aprovada com distinção

Carlos Alberto Gasparetto
Eng. Dr. Carlos Alberto Gasparetto-Examinador

Aprovada com distinção

Campina Grande, 25 de fevereiro de 2000

*A Deus,
A minha mãe, Maria do Socorro Araújo
Ao meu noivo, José de Lira Barbosa
A toda minha família
Dedico*

Agradecimentos

A Deus, por ter me proporcionado condições para conseguir realizar meu ideal, dando-me forças para vencer todas os obstáculos surgidos.

*A minha mãe, **Maria do Socorro Araújo**, pelo amor, educação e incentivo aos estudos.*

A Lira, pelo companheirismo, incentivo e carinho.

*A **Capes**, pela concessão da bolsa.*

*A professora **Dr.^a Maria Elita Duarte Braga**, pela orientação, amizade e apoio.*

*Ao professor **Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata**, pela co-orientação e amizade.*

*Aos professores da banca examinadora **Dr. Carlos Alberto Gasparetto e Dr.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**, pelas sugestões e atenção dispensada.*

*Aos amigos **Elaine Donata Ciabotti e José Carlos Ferreira**, cuja convivência e apoio foram fundamentais.*

*A **Alessandra e Jaciara**, pela sincera amizade.*

*A secretária da Pós-graduação de Engenharia Agrícola, **Rivanilda**, pela atenção dispensada.*

A todas as pessoas que de forma direta e indireta ajudaram-me.

ÍNDICE

	PÁG.
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE TABELAS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Objetivos	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 - A acerola	4
2.1.1 - Histórico	4
2.1.2 - Botânica	4
2.1.3 - Variedades	6
2.1.4 - Clima e solo	7
2.1.5 - Propagação	8
2.1.6 - Produção e colheita	9
2.1.7 - Fisiologia dos frutos	9
2.1.8 - Importância econômica	11
2.2 - Polpa de fruta	12
2.2.1 - Elaboração da polpa	13
2.2.2 - Métodos de conservação da polpa	14
2.2.2.1 - Congelamento convencional	15
2.2.2.2 - Congelamento ultra-rápido	16
2.2.2.3 - Armazenamento congelado	18
2.2.2.4 - Cinética de congelamento	19
2.3 - Características físico-químicas	22
2.3.1 - Ácido ascórbico	22
2.3.2 - Acidez titulável	26
2.3.3 - Açúcares totais e redutores	27
2.3.4 - Sólidos solúveis (° Brix)	27
2.3.5 - pH	28
2.4 - Características sensoriais	29
2.4.1 - Aparência	30
2.4.2 - Cor	30
2.4.3 - Sabor e Aroma	32
2.5 - Efeito dos diferentes tratamentos tecnológicos e do armazenamento na degradação do ácido ascórbico e das propriedades organolépticas	34
3 - MATERIAIS E MÉTODOS	38
3.1 - Material	38

3.2 - Métodos	38
3.2.1 - Análises físicas	38
3.2.2 - Processo de obtenção e conservação da polpa	39
3.2.3 - Cinética de congelamento	42
3.2.3.1 - Tratamento dos dados	43
3.2.4 - Métodos de congelamento inicial	43
3.2.4.1 - Congelamento convencional (-22,6 °C)	43
3.2.4.2 - Congelamento por circulação de nitrogênio (-100 °C)	43
3.2.4.3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido (-196°C)	44
3.2.5 - Tratamentos.....	45
3.2.6 - Armazenamento congelado	46
3.2.7 - Análises físico-químicas	46
3.2.7.1- Ácido ascórbico	46
3.2.7.2 - Acidez titulável	46
3.2.7.3 - Açúcares redutores	46
3.2.7.4 - Sólidos solúveis (°Brix)	46
3.2.7.5 - Cinzas	46
3.2.7.6 - pH	46
3.2.7.7 - Umidade	46
3.2.8 - Análise sensorial	47
3.2.9 - Análise Estatística	49
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1 - Características físicas dos frutos	50
4.2 - Rendimento	51
4.3 - Cinética do congelamento	52
4.3.1 - Difusividade térmica efetiva (∞)	54
4.4 - Análises físico-químicas da polpa de acerola in natura	56
4.5 - Análises físico-químicas da polpa de acerola ao longo do armazenamento ..	56
4.5.1 - Ácido ascórbico	56
4.5.2 - Acidez titulável	60
4.5.3 - Açúcares redutores	63
4.5.4 - Sólidos solúveis (°Brix)	66
4.5.5 - pH	69
4.6 - Análise sensorial	72
4.6.1 - Aparência	72
4.6.2 - Cor	75
4.6.3 - Odor	78
4.6.4 - Sabor	79
5 - CONCLUSÕES	83
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86
ANEXOS	98

LISTA DE FIGURAS

	PÁG.
FIGURA 1 - Curvas de temperatura para um produto durante o congelamento	20
FIGURA 2 - Frutos de acerola utilizado no experimento evidenciando estágio de maturação	38
FIGURA 3 - Medição do diâmetro maior e menor do fruto da acerola	39
FIGURA 4 - Fluxograma de obtenção e conservação da polpa de acerola	40
FIGURA 5 - Despolpadeira utilizada no processamento da acerola	41
FIGURA 6 - Embalagem utilizada no acondicionamento da polpa	42
FIGURA 7 - Ultra-kyostat tipo N-180	44
FIGURA 8 - Caixa utilizada para congelamento por imersão em nitrogênio líquido com tampa e sem nitrogênio (A) e contendo nitrogênio em seu interior (B)	45
FIGURA 9 - Provador avaliando o atributo sabor do suco de acerola	48
FIGURA 10 - Amostras para avaliação da aparência, cor e odor da polpa de acerola .	48
FIGURA 11 - Rendimento obtido com a extração da polpa de acerola	51
FIGURA 12 - Curva de congelamento da polpa de acerola a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, para uma amostra de 9,98 mm de espessura	53
FIGURA 13 - Curva de congelamento da polpa de acerola, por circulação de nitrogênio a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ para uma amostra de 19,7 mm de espessura	53
FIGURA 14 - Curva de congelamento da polpa de acerola, por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ para uma amostra de 9,1 mm de espessura	54
FIGURA 15 - Variação do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, por circulação de nitrogênio a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) e armazenadas por 180 dias a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$	58

FIGURA 16 - Variação da acidez titulável (% de ácido málico) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	61
FIGURA 17 - Variação dos açúcares redutores (% glicose) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	64
FIGURA 18 - Variação dos sólidos solúveis (° Brix) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	67
FIGURA 19 - Variação do pH da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	70
FIGURA 20 - Variação da aparência da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	73
FIGURA 21 - Variação da cor da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	76
FIGURA 22 - Variação do odor da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	78
FIGURA 23 - Variação do sabor da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C	80

LISTA DE TABELAS

	PÁG.
TABELA 1 - Transformações que ocorrem em função da maturação da acerola ..	10
TABELA 2 - Comparação entre o congelamento por nitrogênio líquido e o frio mecânico	18
TABELA 3 - Conteúdo de vitamina C em frutos de acerola provenientes de diferentes localizações geográficas	25
TABELA 4 - Vitaminas do grupo B na acerola	26
TABELA 5 - Valores de pH, acidez titulável, açúcares totais, açúcares redutores e não redutores, sólidos solúveis (°Brix), conforme vários pesquisadores	28
TABELA 6 - Medidas físicas obtidas de 30 frutos de acerola (<i>Malpighia emarginata</i> D.C) escolhidos ao acaso	50
TABELA 7 - Valores dos coeficientes de difusão, difusividade efetiva $A_1=1$ e da difusividade efetiva média da polpa de acerola nos três estágios de congelamento, quando a polpa é submetida ao congelamento em freezer a $-22,6$ °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.....	55
TABELA 8 - Características físico-químicas da polpa de acerola <i>in natura</i>	56
TABELA 9 - Comparação entre as médias de ácido ascórbico (mg/100g) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	58
TABELA 10 - Valores de ácido ascórbico (mg/100g) para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	59
TABELA 11 - Comparação entre as médias de acidez titulável (% de ácido málico) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	61
TABELA 12 - Valores de acidez titulável (% de ácido málico) para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	62
TABELA 13 - Comparação entre as médias de açúcares redutores (% glicose)	

	para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	64
TABELA 14 -	Valores de açúcares redutores (% glicose) para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	65
TABELA 15 -	Comparação entre as médias de sólidos solúveis (°Brix) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	67
TABELA 16 -	Valores de sólidos solúveis (°Brix) para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	68
TABELA 17 -	Comparação entre as médias de pH para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	70
TABELA 18 -	Valores de pH para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	71
TABELA 19 -	Comparação entre as médias de aparência para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo ...	73
TABELA 20 -	Valores da aparência para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	74
TABELA 21 -	Comparação entre as médias de cor para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	76
TABELA 22 -	Valores da cor para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	77
TABELA 23 -	Comparação entre as médias do odor para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	79
TABELA 24 -	Comparação entre as médias do sabor para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo	81
TABELA 25 -	Valores do sabor para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %	82

RESUMO

Polpa de acerola, submetida a três métodos de congelamento inicial, em freezer a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, por circulação de nitrogênio a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ foram armazenadas a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ao longo de um período de 180 dias. Determinou-se a cinética de resfriamento e congelamento destas polpas e as alterações de algumas características físico-químicas (ácido ascórbico, açúcares redutores, pH, acidez, sólidos solúveis) e sensoriais (aparência, cor, odor e sabor), visando verificar a eficácia destes tratamentos na qualidade da polpa. Para a polpa congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, os estágios de resfriamento, cristalização e pós-congelamento foram de 1800, 6000 e 6000 segundos, respectivamente. A difusividade térmica efetiva média considerando-se os estágios 1 e 3 foi de $1,23\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$. Para a polpa congelada a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, esses tempos foram de 360, 1140 e 3240 segundos e a difusividade térmica efetiva média foi de $10,77\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$. Para a polpa congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, os tempos de resfriamento, cristalização e pós-congelamento foram de 60, 30 e 140 segundos, respectivamente e a difusividade térmica efetiva média foi de $24,21\text{ mm}^2\cdot\text{s}^{-1}$. Houve interferência dos métodos de congelamento na estabilidade do ácido ascórbico. Com o método de congelamento convencional a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, ocorreram perdas de 7,03 % ao longo do período de armazenamento, enquanto que nos métodos de congelamento a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ não ocorreram perdas significativas. Os níveis de acidez da polpa de acerola, congelada em freezer convencional a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, decrescem até os 90 dias e então tendem a se estabilizarem. Quando congelada pelo método de circulação de nitrogênio a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, a acidez apresenta um decréscimo até os 60 dias e a partir deste período tende a estabilizar-se. Os açúcares redutores se mantiveram, de um modo geral, estáveis na polpa de acerola quando congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto que no método de congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ocorreu uma redução significativa ao final de 180 dias de armazenamento. O teor de sólidos solúveis da polpa de acerola tende a diminuir quando congelada em freezer a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto que nos tratamentos a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ se mostraram estáveis a partir dos 30 dias de armazenamento. Houve uma redução do pH nos três métodos de congelamento ao longo do período de armazenamento. Não houve preferência para aparência, odor e cor entre os métodos de congelamento, assim como houve estabilidade para estes atributos. Quanto ao sabor, houve uma diminuição significativa aos 180 dias para a polpa congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

ABSTRACT

West Indian cherry pulp, submitted to three methods of initial freezing, in freezing at $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, for circulation of nitrogen at $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ and for immersion in liquid nitrogen at $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ was stored at $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ along a period of 180 days. It was determined the kinetics of cooling and freezing of these pulps and the alterations of some characteristics physical-chemical (ascorbic acid, reducers sugars, pH, acidity, soluble solids) and sensorial (appearance, color, scent and taste), seeking to verify the effect of these treatments in the quality of the pulp. For the frozen pulp at $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, the stages of cooling, crystallization and post-freezing were of 1800, 6000 and 6000 seconds, respectively. The average effective thermal diffusivity considering the stages 1 and 3 was $1.23\text{ mm}^2.\text{s}^{-1}$. For the frozen pulp at $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, those time were of approximately 360, 1140 and 3260 seconds. For the frozen pulp at $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, the times of cooling, crystallization and post-freezing were of approximately 60, 30 and 140 seconds, respectively and the average effective thermal diffusivity was of $24.21\text{ mm}^2.\text{s}^{-1}$. There was interference of the methods of freezing in the stability of the ascorbic acid. With the method of conventional freezing at $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, they happened losses of 7.03 % along the storage period, while in the methods of freezing at $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ didn't happen significant losses. The levels of acidity of the acerola pulp, frozen in conventional freezer at $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, decrease until the 90 days and then they tend to they stabilize. When frozen by the method of circulation of nitrogen at $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ and for immersion in liquid nitrogen at $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, the acidity presents a decrecimiento until the 60 days and starting from this period it tends to stabilize. The reducers sugars maintained, of a way general, stable in the acerola pulp when frozen at $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, while in the method freezing at $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ happened a significant reduction at the end of 180 days of storage. The content of soluble solids of the acerola pulp tends to decrease when frozen at $-22.6\text{ }^{\circ}\text{C}$, while in the treatments at $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ were shown stable starting from the 30 days of storage. There was a reduction of the pH in the three methods of freezing along the storage period. There was not preference for appearance, scent and color among the methods of freezing, as well as there was stability for these attributes. With relationship to the taste, there was a significant decrease to the 180 days for the frizzed pulp at $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1 - INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), também conhecida como cereja das Antilhas, é uma pequena fruta avermelhada que tem sido largamente estudada quanto a seus aspectos químicos e nutricionais por apresentar um elevado teor de ácido ascórbico (vitamina C), constituindo-se dentre os vegetais numa das fontes mais ricas desta vitamina.

Os frutos da aceroleira são drupas de forma bastante variável. Há frutos arredondados, ovalados ou mesmo cônicos. Sua cor, quando maduros, pode ser vermelha, roxa e amarelada. Esta característica é muito importante, pois a indústria de processamento, que prefere os frutos da coloração vermelha, descarta os verdes ou amarelados. Os frutos são pequenos, seu peso varia em função basicamente do potencial genético da planta e das condições de cultivo e amadurecem, aproximadamente, de 3 a 7 semanas após a data do florescimento (GONZAGA NETO e SOARES, 1994).

A composição dos frutos depende de fatores tais como condições climáticas, cultivar, tratos culturais, estágio de maturação, etc, podendo inclusive ser modificada pelo processamento e armazenamento, condições que interferem no conteúdo de ácido ascórbico (CARVALHO e GUERRA, 1995).

No Brasil e em especial na região nordeste, a acerola vem despertando grande interesse devido a perspectivas de comercialização de frutos processados, tanto para o mercado interno quanto para exportação. Além disso, a facilidade de cultivo devido a sua rusticidade e adaptação às condições climáticas existentes, tem promovido, nos últimos anos, um aumento significativo da área plantada (MEDEIROS *et al.*, 1994).

A acerola é hoje, em termos relativos e com tendência a expansão, uma das principais culturas de exportação da fruticultura brasileira. Está sendo consumida, de forma crescente, principalmente pelos japoneses, europeus e norte-americanos (LUCAS, 1993).

Embora a acerola tenha grande possibilidade de produção no Brasil, ela representa um grande problema na fase de comercialização dos seus frutos, pela grande sensibilidade depois de maduros, deteriorando-se em poucos dias, sendo a comercialização "*in natura*" limitada às imediações das regiões produtoras (SANTOS e SANTOS, 1995; BLEINROTH

et al., 1996). O uso industrial foi desenvolvido recentemente, para que esta fonte rica de vitamina C fosse utilizada com eficiência e não perdida.

A acerola pode ser utilizada para fabricação de vários produtos: sucos (integral, concentrado e liofilizado), néctar, licor, polpa, compota, geleias, cápsulas medicinais de vitamina C, balas, chicletes e no enriquecimento de sucos e néctares de outros frutos. Segundo MATSUURA *et al.* (1996), o processamento dessa fruta é de fundamental importância, devido a sua elevada atividade de água e baixa resistência mecânica, favorecendo a perecibilidade após a colheita.

O processamento de frutas para obtenção de polpas é uma atividade agro-industrial de fundamental importância para o processo de desenvolvimento econômico e social, pois desempenha o papel de alavancar vários outros segmentos da indústria de alimentos. Apresenta, ainda, outras vantagens, pois é uma maneira prática e simples de aproveitar e estocar o excesso de frutas produzidas na safra, quando normalmente baixam de preço, passando a serem comercializadas na entressafra, além de viabilizar o aumento da renda dos produtores rurais; fixar a mão-de-obra no campo; aumentar a renda média regional e melhorar a qualidade de vida daqueles que trabalham na terra. Por outro lado, é uma maneira cômoda para o consumidor que passou a manter em seu congelador, durante todo o ano, fruta fresca, em forma de polpa, não sofrendo as conseqüências provocadas pela sazonalidade comum na produção da maioria das frutas (MORORÓ, 1998). Segundo CABRAL e FURTADO (1997), a ampliação deste mercado, atualmente, depende do aumento do consumo e da qualidade do produto final. Neste caso, a qualidade engloba os aspectos físicos, químicos, físico-químicos, microbiológicos, nutricionais e sensoriais.

A polpa de frutas é de grande utilização nas entressafras, sendo que a polpa congelada poderá ser empregada como matéria-prima na produção de néctares, sorvetes, alimentos infantis, etc (CABRAL *et al.*, 1980).

A temperatura de refrigeração não é suficiente para a conservação de polpas de frutas; o congelamento pelo emprego de baixas temperaturas em seu processamento e armazenamento, assegura às polpas de frutas maior tempo de conservação, uma vez que há suspensão total do crescimento microorgânico, retardamento e suspensão da atividade metabólica.

O principal objetivo do congelamento é a conservação do produto, em condições de oferecer uma qualidade desejável para consumo. Como é de se esperar, o estado da matéria-prima, manuseio e o método de resfriamento ou congelamento adotado irão influir na qualidade do produto final (NEVES FILHO, 1991). Segundo COX (1987), a qualidade de um produto congelado depende da velocidade em que é congelado, e hoje em dia se acredita que os melhores resultados se obtêm com os alimentos que são submetidos a “congelamento rápido”.

1.1- Objetivos

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos:

- a) Acompanhar a curva de resfriamento e congelamento da polpa de acerola às temperaturas de $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ e determinar a difusividade térmica efetiva.
- b) Determinar as possíveis alterações de algumas características físico-químicas (ácido ascórbico, açúcares redutores, pH, acidez, sólidos solúveis) e sensoriais (aparência, cor, odor e sabor) da polpa de acerola, submetidas à três distintas técnicas de congelamento inicial: congelamento lento ou convencional em freezer ($-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), congelamento por circulação de nitrogênio ($-100\text{ }^{\circ}\text{C}$) e congelamento por imersão em nitrogênio líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) por um período de 6 meses de armazenagem frigorificada à temperatura média de $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, visando verificar a eficácia destes tratamentos na qualidade da polpa.

2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - A acerola

2.1.1 - Histórico

A exata origem da acerola é desconhecida. Entretanto, pode-se admitir que, tendo sido encontrada vegetando espontaneamente na região do Caribe, norte da América do Sul, na América Central ou nas Índias Ocidentais, à época do descobrimento da América, essa seja sua área de origem e de dispersão natural. Na América do Norte, acredita-se que a fruta foi introduzida na Flórida, proveniente de Cuba, no século XIX. (MOSCOSO, 1956).

No Brasil, não se tem notícia de quando a acerola foi introduzida, sabe-se, no entanto, que a mais de cinquenta anos é encontrada na Dieberger Agrícola S.A., sendo que quando o Professor Heitor Montenegro iniciou seus trabalhos na Cadeira de Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em 1945, já encontrou a acerola nas coleções dessa Faculdade (GODOY e PIZA JÚNIOR, 1986). Em Pernambuco foi introduzida em 1955, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, procedente de Porto Rico, através da professora Maria Celene Cardoso de Almeida (UFRPE, 1984).

2.1.2 - Botânica

A acerola é uma planta da família Malpighiaceae. O gênero *Malpighia* inclui de 30 a 40 espécies de arbustos e pequenas árvores da América tropical e subtropical, sendo apenas 15 a 20 espécies válidas (LEDIN, 1958).

BRITTON E WILSON (1924) referem-se a acerola como *Malpighia glabra* L. De acordo com KNIGHT JÚNIOR (1980), a verdadeira identidade taxonômica da acerola ainda não está resolvida. O material genético coletado em Porto Rico foi classificado como *Malpighia puniceifolia* L., e aquele da Flórida, Cuba, América Central e outras áreas *Malpighia glabra* L.

ASENJO (1980), informou que recentes estudos nos quais foram examinados os herbários de Linneau, além de outras importantes fontes, concluíram que *Malpighia glabra* L. e *Malpighia puniceifolia* L. são sinônimos, mas se aplicam a uma espécie diferente de acerola, sendo seu nome correto *Malpighia emarginata* D.C.

Soares citado por MAIA *et al.* (1998a), informou que *Malpighia emarginata* D.C. é a nomenclatura recentemente adotada pelo Conselho Internacional de Recursos Genéticos Vegetais, reunidos em Roma.

A aceroleira, árvore de 2-3 metros de altura, possui folhas oblongas, ovóides ou lanceoladas, sendo seu comprimento cerca de 10 cm. Suas flores são rosas ou vermelhas, de 2 cm de diâmetro; apresentam pedúnculos com 3-5 umbelas e cálix com 6 glândulas (Barley e Barley, citados por QUINTEROS, 1995).

O fruto da aceroleira é uma drupa subglobosa de superfície lisa ou sensivelmente trilobada, que se dispõe isolada ou em panículas de duas ou três, em axilas foliares, com pedúnculos curtos. Possui três sementes pequenas, cada uma inclusa em um caroço proeminente, reticulado, de textura apergaminhada e que, algumas vezes, dão ao fruto o aspecto mais ou menos trilobado. O tamanho pode variar de 1 a 2,5 cm, o diâmetro de 1 a 4 cm e o peso de 2 a 15 g. O fruto apresenta tonalidade verde quando em desenvolvimento, passando a amarelo e finalmente vermelho quando maduro (Alves e Menezes, citados por ALVES, 1996).

O fruto completa a sua maturação com 25 dias, contados a partir da floração. Essa frutífera, quando submetida à irrigação e tratos culturais adequados podem apresentar quatro a seis floradas por ano (ALMEIDA e ARAÚJO, 1992).

A safra no Nordeste do Brasil ocorre no período chuvoso, que geralmente acontece entre janeiro e julho (ASTN, 1995).

2.1.3 - Variedades

Alguns trabalhos de seleção de plantas de aceroleiras foram feitos nos Estados Unidos (Flórida e Havai) e Porto Rico, e resultaram na seleção de diversas variedades e clones de características desejáveis, relacionadas com o porte da planta e produtividade, tamanho, teores de vitamina C e açúcares nos frutos, tendo sido inclusive classificadas em dois grupos: doce e ácida, de acordo com o teor de vitamina C (BLEINROTH *et al.*, 1996).

Segundo Simão citado por GONZAGA NETO e SOARES (1994), no Havai foram selecionados e classificados os seguintes clones:

- grupo doce: 4-43 (Mamoa); 9-68 (Rubi Tropical) e 8E-32 (Rainha do Havai);
- grupo ácido: 3B-15 (J.H. Beaumont); 22-40 (C.F. Rehnborg) e 3B-1 (Jumbo Vermelho)

Na Estação Experimental Agrícola da Universidade de Porto Rico selecionou-se a variedade B-17 e B-15 (grupo azedo), e na Estação Experimental de Agricultura da Universidade da Flórida, selecionou-se a variedade Flórida Sweet, como resistente a algumas doenças fúngicas (Marty e Pennock citados por GONZAGA NETO e SOARES, 1994).

A variedade B-17 foi considerada a mais importante cultivar comercial da acerola, selecionada em Porto Rico, a qual supera as outras em quantidades de vitamina C (SALUNKHE e DESAI, 1984).

No Brasil as variedades ainda não foram padronizadas, sendo este o principal fator para a grande desuniformidade nos plantios, trazendo sérios problemas aos produtores, pois a desuniformidade acarreta perdas em termos de produtividade do pomar e da qualidade dos frutos.

A partir dessa realidade, a Embrapa Semi-Árido implementou um programa de pesquisa visando introduzir, caracterizar e selecionar genótipos de aceroleira para exploração comercial nas áreas irrigadas do Nordeste. O programa teve início durante o ano de 1991, resultando na introdução de 42 clones de aceroleira e na pré-seleção dos genótipos mais promissores a partir de 1995. Quatro genótipos se destacaram como mais

promissores, considerando-se características de coloração da fruta, produção por planta, produtividade estimada, Brix e teor de vitamina C, sendo colocados em competição para eleger o melhor. Os dados de produtividade e número de frutos obtidos durante o ano de 1996 foram analisados estatisticamente, não se observaram diferenças entre os tratamentos. No que se refere a produção por planta, variou de 33,87 a 45,7 Kg para os clones CPATSA 6.3 e CPATSA 4.3, respectivamente. Com relação ao número de frutos colhidos, observou-se diferença estatística, ocorrendo variações de 7.445 frutos a 11.112 frutos/planta/ano, destacando-se o CPATSA 6.3 (GONZAGA NETO e MATTIUZ, 1997).

2.1.4 - Clima e solo

A acerola ou cereja das Antilhas é uma planta rústica, que se desenvolve satisfatoriamente em clima tropical e subtropical, sendo sensível, porém, às geadas (PIZA JÚNIOR e KAVATI, 1993). Durante as estações secas ou frias, essa planta reduz ao máximo suas funções vitais e o desenvolvimento praticamente estaciona, porém quando a temperatura volta a subir, novas folhas e flores surgirão naturalmente e ela continuará seu desenvolvimento (FAIM, 1993).

TEIXEIRA e AZEVEDO (1995) estudaram os índices-limite do clima para o cultivo da acerola e mostraram que do ponto de vista térmico, o cultivo da aceroleira é recomendado para as localidades com temperatura média anual acima de 20 °C ou temperatura média do mês mais frio acima de 14 °C. Com relação ao cultivo em condições de sequeiro, quando a capacidade de água pelo solo for de 125 mm, exige-se que o índice hídrico anual esteja na faixa de -15 a 55 mm ou que as deficiências hídricas anuais não sejam superiores a 400 mm e nem os excedentes hídricos anuais sejam iguais ou superiores a 800 mm.

O ideal são temperaturas em torno de 26 °C, com chuvas variando de 1.200 a 1.600 mm anuais (LAVOURA, 1986; TODA FRUTA, 1990; CAMPELO, 1990; GUIA RURAL, 1991; PIZA JÚNIOR e KAVATI, 1993). O excesso de chuvas favorece a formação de frutos aquosos com menor teor de açúcares e vitamina C. Desenvolve-se bem desde o nível do mar até 800 mm de altitude (BARBOZA e CAMPOS, 1992).

A acerola desenvolve-se bem em quase todos os tipos de solo, preferindo, entretanto os solos profundos, argilo-arenosos de boa fertilidade e com drenagem

satisfatória (LAVOURA, 1986; BARBOZA e CAMPOS, 1992; PRODUTOR DE LEITE, 1996), e os solos ácidos, de pH entre 4,5 a 6,5 (CAMPOS, 1987; FAIM, 1993). Segundo CAMPOS (1987), se cultivada em solos alcalinos, requererá fertilizações de micronutrientes em forma de pulverizações, duas ao ano, no outono e na primavera.

2.1.5 - Propagação

A aceroleira pode ser propagada por via sexual (sementes) e por via vegetativa, através de estaquia, enxertia, alporquia e mergulhia (ARAÚJO e MINAMI, 1994).

A propagação de fruteiras para fins comerciais, por meio sexual, é uma prática atualmente em desuso e que deve ser evitada devido a consequências indesejáveis (Neto *et al.*, 1995), tais como: segregação hereditária; baixa taxa de germinação (20 a 30 %), atribuída à incompatibilidade na polinização e a consequente ausência ou má formação de embriões (MATSUURA, 1994 citando Miyashita *et al* e Nakasone).

Para conservar as características da cultivar, manter a precocidade de produção e selecionar clones mais produtivos, a acerola deve ser multiplicada vegetativamente (ARAÚJO e ALMEIDA, 1992).

A multiplicação vegetativa por estaquia é um método difícil e de custo elevado, porém sua adoção é preferível, pois com ele se obtêm com certeza absoluta, plantas não só uniformes como portadoras de características determinadas (GONZAGA NETO e SOARES, 1994). Entretanto, o baixo índice de enraizamento (40 a 50 %) e o custo para preparação de uma muda (cinco meses para ser levada ao campo), não permitem que essa prática se estenda aos pequenos viveiristas (ARAÚJO e ALMEIDA, 1992).

A propagação da acerola por enxertia em comparação com a estaquia apresenta algumas vantagens. As mudas propagadas por enxertia criam um sistema radicular mais vigoroso e por isso mais agressivo possibilitando à planta a exploração de um maior volume de solo, dada a presença de uma raiz pivotante, o que não ocorre com a muda produzida por estaquia que tem apenas raízes adventícias. A enxertia dispensa o uso de um sistema intermitente de nebulização e de um leito com substrato próprio para enraizamento. Por outro lado, o período de tempo necessário a produção da muda por estaquia é de três a quatro vezes mais curto que no caso da enxertia (GONZAGA NETO *et al.*, 1996). Estes autores relatam que, de três processos de enxertia testados na EMBRAPA

CPATSA (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido), a borbulhia de placa em janela aberta destacou-se com índice de pegamento do enxerto de 86,7 % de mudas produzidas em telado e com proteção do enxerto por saco de plástico transparente e amarrado ao caule.

2.1.6 - Produção e colheita

O início da produção está relacionado com o processo de propagação, condições edafoclimáticas e tratos culturais (ARAÚJO e MINAMI, 1994). Segundo BLEINROTH *et al.* (1996), a planta oriunda de sementes ou estacas começa a produzir cedo, ou seja, 2 à 2,5 anos ou 1 à 1,5 anos após o plantio, respectivamente, e frutifica três a quatro vezes ao ano, sendo que em Porto Rico foram registrados até 7 colheitas. A acerola dá frutos por mais de 50 anos (TODA FRUTA, 1990).

Os dados de produção são muito variáveis, devido a grande diversidade de material vegetal utilizado à propagação, registrando-se cerca de sete colheitas por ano no nordeste brasileiro. A produtividade varia entre 15 a 40 Kg/planta/ano em plantios comerciais (ARAÚJO e MINAMI, 1994).

A colheita da acerola é manual, devendo ser realizada diariamente, ou no máximo em dias alternados, tendo em vista que na planta são encontrados, simultaneamente, flores e frutos em diversos estádios de desenvolvimento e maturação, assim o critério adotado para colheita é a coloração externa do fruto (BLEINROTH *et al.*, 1996).

Segundo CARVALHO e MANICA (1994), o estágio de maturação recomendado para colheita varia de acordo com a distância da área de produção ao local de comércio. Os frutos maduros só devem ser colhidos para consumo imediato, e para mercados mais distantes devem ser colhidos semimaduros.

2.1.7 - Fisiologia dos frutos

Durante a maturação até o completo amadurecimento dos frutos, numerosos processos bioquímicos sintéticos e degradativos ocorrem de forma seqüencial ou concomitante, resultando em modificações sensíveis nas características químicas, notadamente na cor, na textura, no sabor e no aroma (CHITARRA, 1998). A acerola, assim como outros frutos tropicais, passa por uma série de alterações durante os processos de

maturação, amadurecimento e senescência (ALVES, 1993), destacando-se, de acordo com Guadarrama citado pelo mesmo autor: degradação da clorofila paralelamente ao aparecimento de carotenóides; decréscimo na acidez; aumento nos açúcares redutores; e principalmente, a acentuada perda de vitamina C ao longo dessas etapas (Tabela 1).

A acerola destaca-se dentre os frutos conhecidos pelo extraordinário conteúdo de vitamina C, porém, segundo estudos realizados por ALVES (1993), durante a maturação há um decréscimo de até 45 % dessa vitamina, sendo o maior decréscimo, cerca de 33 %, observado até o início da pigmentação (estádio 3IP) (Tabela 1).

Tabela 1 - Transformações que ocorrem em função da maturação da acerola.

Características	Estádios de maturação					
	ITV	2B	3IP	4PV	5V	6R
Clorofila (mg/100g)	4,406	1,669	0,270	0,226	0,064	0,100
Carotenóides (mg/100g)	0,000	0,606	0,714	0,864	1,240	1,442
Sólidos solúveis (°Brix)	6,500	6,500	6,500	6,700	7,100	7,100
Açúcares solúveis (%)	2,475	3,336	3,879	4,277	4,621	5,049
Açúcares redutores (%)	2,341	3,185	3,782	3,808	4,358	4,840
Acidez titulável (%)	1,648	1,340	1,273	1,186	1,193	1,085
pH	3,400	3,500	3,500	3,500	3,500	3,600
Vitamina C (mg/100g)	1822	1371	1259	1186	1120	1021

ITV- Verde escuro; 2B - Verde-claro; 3IP - Início da pigmentação vermelha; 4PV - Vermelho-claro; 5V - Vermelho; 6R- Vermelho

Fonte : ALVES (1993)

A distribuição de ácido ascórbico (AA), ácido dehidroascórbico (DHA) e ácido dicitogulônico (DCG) no fruto de acerola, em diversos estágios de desenvolvimento, foram estudadas por Del Campilo e Asenjo assim como Medeiros citados por MATSUURA (1994). Os autores observaram a distribuição desses três ácidos desde a forma incipiente do fruto até completamente maduro, e verificaram haver pequena variação entre os três ácidos.

2.1.8 - Importância econômica

A acerola passou a ter importância econômica em vários países e recentemente no Brasil, devido ao seu alto valor nutritivo (MONTARROYS, 1993).

Segundo OLIVEIRA *et al.* (1995), existe atualmente uma expansão crescente e rápida de plantios de acerola no país, em regiões/áreas não sujeitas à ocorrência de baixa temperatura. Dentre os fatores responsáveis pelo estímulo ao seu cultivo destacam-se riqueza em vitamina C da fruta, o número relativamente elevado de safras anuais e o grande potencial de exportação da polpa congelada.

O Brasil atualmente é o maior produtor e consumidor de acerola no mundo. A região sudeste brasileira consome entre 5 e 6 mil toneladas de frutos por ano, seguida do mercado japonês e europeu, com cerca de 2,5 mil toneladas cada um, além da perspectiva do mercado norte-americano (ARAÚJO e MINAMI, 1994).

O setor agroindustrial é quem impulsiona o plantio de acerola no país. Esse é um dos poucos segmentos agroindústrias em que a verticalização da produção tende a ser predominante, ou seja, os plantios em geral pertencem as próprias empresas processadoras, podendo assim controlar melhor a qualidade da fruta, sobretudo na fase pós-colheita. A Caju do Brasil S.A (Cajuba), considerada a maior produtora individual no Brasil, possui cerca de 450 hectares na Bahia. No Rio Grande do Norte localizam-se importantes projetos, como o da Mossoró Agroindustrial S.A. (Maisa), que ocupa cerca de 450 hectares na chapada do Açú. No vale do Rio São Francisco há cerca de 300 hectares plantados, 200 dos quais integrados à Nischirey do Brasil Agrícola Ltda., que opera sem produção própria. Há também um importante pólo produtor em Castanhal, no Pará, pertencente à Cooperativa Agrícola Mista da Amazônia (Copama), com cerca de 200 hectares plantados, sendo a maior parte da produção destinada à exportação. Os grupos Utiara, Frutos do Brasil Ltda.

(Brasfrut) e Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-Açu (Camta) são empresas que também investem na fruta, mas em menor escala (VIGLIO, 1994).

Segundo COUTINHO (1993), no estado da Paraíba, os maiores plantios de acerola encontram-se no município de Alhandra, onde existe cerca de 80 héctares plantados. Nas cidades de Cabedelo, Santa Rita, Sapé e Guarabira também se pode encontrar pequenos cultivos de acerola, totalizando entre estas 4 cidades, cerca de 40 hectares plantados, sendo a maior parte da produção exportada para o Japão, através dos grupos Nichirei, Mitsui e Mitsubichi.

O mercado interno japonês tem sido o maior importador de acerola, seguido dos Estados Unidos e países da Europa. No Japão a acerola é processada e utilizada principalmente na fabricação de sucos, licores, bebidas, confeitos, chicletes, Ketchup, etc. Na Europa, com destaque para a Alemanha, França, Bélgica e Hungria, a acerola é usada basicamente para enriquecer sucos de pêra e maçã. Nos Estados Unidos sua utilização tem sido maior na indústria farmacêutica. No Brasil, a NIAGRO beneficia a acerola através do fruto congelado e da polpa concentrada congelada, visando os mercados externo e interno (MUSSER, 1995).

ARAÚJO e MINAMI (1994), sugerem para fins comerciais, o uso de ácido ascórbico natural na complementação, enriquecimento e conservação da alimentação infantil pré-processada. Ressaltam ainda a importância da vitamina C como antioxidante, na preservação de frutos secos e congelados. Conjuntamente com o ácido cítrico, é efetiva na preservação do escurecimento que ocorre durante a desidratação e congelamento de muitos frutos, como abacaxi, mamão, pitanga, maracujá, pera e maçã.

2.2 - Polpa de fruta

Segundo NTA -21 (Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos e Bebidas do Estado de São Paulo), polpa de fruta é definida como o produto obtido do esmagamento das partes comestíveis dos frutos carnosos por processos tecnológicos adequados.

O produto deve ser preparado com frutas sadias, limpas, isentas de matéria ferrosa, de parasitos e de outros detritos animais e vegetais. Não deve conter fragmentos de partes não comestíveis da fruta, nem substâncias estranhas à sua composição normal,

exceto as previstas pelas normas. É tolerada a adição de sacarose na proporção declarada no rótulo (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1978).

A polpa de fruta pode ser considerada industrialmente como um produto semi-industrializado, ou seja, constitui-se matéria-prima para elaboração de outros produtos alimentícios de frutas. A transformação de partes comestíveis de frutas em polpa é um procedimento industrial importante do ponto de vista estratégico e permite que sejam estocadas, na época de safra, quantidades razoáveis de frutas semi-industrializadas para utilização no período de escassez ou entressafra, no preparo de produtos acabados e prontos para o consumo, além disso, este procedimento justifica-se quando se pretende alcançar mercados distantes. Outros fatores deverão ser considerados como, manuseio, transporte e carregamento da fruta "in natura" oneroso ou inviável, condições climática ou elevada perecibilidade das frutas (MAIA *et al.*, 1998b).

A polpa é um produto, portanto que se presta à venda nos mercados internos e externos, servindo para a elaboração de néctares, sucos, geléias, geleificados, doce-de-massa (de corte), iogurtes, artigos de confeitaria, produção de alimentos infantis, etc (TOCCHINI *et al.*, 1995). Recentemente o consumo de polpa congelada tem experimentado um crescimento razoável, para elaboração de refrescos naturais (MAIA *et al.*, 1998b) que são consumidos para enriquecer a dieta em vitaminas e minerais (Kolb e Simson citados por ZADERNOWSKI, 1997).

2.2.1 - Elaboração da polpa

Independente do sistema de conservação adotado, o êxito da elaboração de polpas de frutas depende, em grande parte, da higiene com que se conduz o processo de fabricação.

Uma Segunda questão relevante, é a adequação da fruta inteira antes de submetê-la ao corte ou despulpamento, face a carga microbiana e outras impurezas aderidas à superfície das frutas. Em vista disso, torna-se indispensável uma lavagem com água corrente, potável, seguido de uma desinfecção por imersão em água clorada (FAPEP/SINE-PB, 1997).

Segundo MORORÓ (1997) para elaboração de polpa, as frutas devem apresentar uniformidade quanto à composição, coloração e sabor.

2.2.2 - Métodos de conservação da polpa

Segundo IBRAF (1995), como a acerola apresenta um pH baixo, menos de 4,6, característica que restringe de modo acentuado a microflora capaz de se desenvolver, particularmente as bactérias, a conservação é obtida pelo emprego de tratamentos físicos, sendo o congelamento o mais indicado. O tratamento térmico, na forma de pasteurização, também é utilizado, porém pode ocasionar certa perda de ácido ascórbico no produto terminado.

O congelamento tem sido atualmente o método de conservação mais empregado pela pequena e média indústria de polpas, pois o produto encontra um mercado muito mais fácil e mais seguro ao nível de pequenos estabelecimentos, de restaurantes, da reutilização industrial nas indústrias de balas, chocolates, em artigos de panificação, etc (Brekke *et al.*, citado por TOCCHINI, 1995).

Os vários processos de conservação de alimentos tratam de reter os valores nutritivos entre outros fatores para manter a qualidade dos mesmos. Nos alimentos congelados a qualidade final está relacionada com as condições empregadas durante o processo de congelamento e o período de armazenamento. Um resfriamento mais rápido do produto pelo aumento da velocidade e/ou diminuição da temperatura do ar na câmara de congelamento permite melhor qualidade final do alimento. As condições de armazenamento intervêm modificando a velocidade das transformações que produzem geralmente a degradação dos nutrientes do produto (AMER e RUBIOLO, 1998).

Segundo MAIA *et al.* (1998b), o sabor e aroma das frutas tem a possibilidade de ser melhor preservados pelo congelamento do que por qualquer outro método de preservação.

NOGUEIRA (1973) estudou a influência de três métodos de processamento (apertização, congelação e liofilização), sobre as propriedades organolépticas da maçã variedade Ohio Beauty em pedaços e mostrou que a congelação foi o método de processamento mais adequado para a variedade em estudo.

2.2.2.1 - Congelamento convencional

As frutas possuem sabor e textura delicada e que são facilmente danificadas ou alteradas pelo calor, portanto o uso de métodos de conservação que visam minimizar as perdas são importantes (TIBA, 1996).

O congelamento é um dos processos mais indicados para a preservação não só de polpas como da maioria dos alimentos, pois tem a vantagem de conservar no alimento grande parte de seus caracteres químicos, organolépticos e nutritivos e dificultar ações desfavoráveis de microorganismos e enzimas (SOUTHGATE, 1992 e EVANGELISTA, 1987). Apresenta, todavia, o inconveniente dos custos de produção e armazenamento relativamente elevados (SOLER *et al.*, 1991).

Basicamente podemos diferenciar dois processos de congelamento (VICENTE *et al.*, 1994): congelamento lento, conseguido com sistemas tradicionais e congelamento muito rápido, conseguido com gases criogênicos e sobre tudo com nitrogênio líquido, que é o gás criogênico por excelência.

A conservação de alimentos mediante congelamento se produz devido a diferentes mecanismos. A redução da temperatura do produto a níveis abaixo de 0 °C, produz uma queda significativa na velocidade de crescimento dos microrganismos e portanto, na deterioração do produto devido a atividade microbiana. A mesma influência da temperatura pode aplicar-se a maioria das reações que podem ocorrer no produto, tais como reações enzimáticas e oxidação. Além do mais, a formação de cristais de gelo dentro do produto diminui a disponibilidade de água para participar daquelas reações. Quanto menor a temperatura e mais água passe para o estado sólido, menos água se encontrará disponível para intervir nas reações químicas que podem causar a deterioração do produto (SING e HELDMAN, 1998).

Segundo NEVES FILHO (1991), à medida que se provoca o abaixamento de temperatura, retardam-se consideravelmente os fenômenos promovidos pela ação de agentes deteriorantes como microrganismos, enzimas e reações químicas. Assim um maior tempo de preservação do produto é obtido quando são utilizadas baixas temperaturas.

Sabe-se que algumas espécies de bactérias crescem a temperaturas abaixo do ponto de congelamento (psicrófilas), por exemplo, se tem comprovado que contaminação

aérea (*Cladosporium*) causa alterações em armazéns refrigerados a temperaturas pouco superiores a $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estes microorganismos podem ser encontrados em alimentos congelados, mas muitos morrem durante o processo de congelamento ainda que possam sobreviver algumas células vegetativas. Supondo-se que seja mantida uma temperatura de conservação de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, os microorganismos sobreviventes permanecerão inertes, no entanto grandes flutuações de temperatura ou o mantimento de uma temperatura de armazenamento demasiadamente alta dentro do congelador, poderia causar o reinício da atividade daqueles microorganismos, resultando em deterioração do produto conservado (COX, 1987).

A temperatura recomendada para o congelamento convencional de polpas de frutas é na faixa de $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ negativo; no entanto, o tempo ocorrido entre a abertura do fruto até a polpa atingir $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ não deve ultrapassar quatro horas. Essa temperatura deverá atingir cerca de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ num tempo de oito a dez horas e deverá ser mantida durante todo o tempo de armazenamento e transporte até o momento do consumo (MORORÓ, 1998).

Em matéria de qualidade, o produto congelado será sempre a soma de suas condições anteriores ao tratamento; por esta razão, não se pode esperar que a congelação possa encobrir defeitos antigos, que se porão em evidência, no produto congelado (EVANGELISTA, 1987).

2.2.2.2 - Congelamento ultra-rápido

O congelamento rápido de produtos alimentícios se conhece na atualidade como “ultracongelamento”, e se realiza em só alguns minutos (máximo de 120). Quando o ultracongelamento é feito por aplicação de gases criogênicos (nitrogênio líquido) principalmente a baixas temperaturas, o processo se realiza de 1 a 15 min (VICENTE *et al.*, 1994).

Estudos mostram que sucos de frutas submetidos ao congelamento ultra-rápido, seguido de armazenamento abaixo de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, atingem quase um nível ideal de preservação. Quando congelados, a maioria dos sucos de frutas retém seu aroma e sabor característicos próximo ao das frutas frescas (MAIA *et al.*, 1998b).

Sobre os métodos de congelamento, é interessante notar que o método criogênico era utilizado no congelamento de produtos que necessitavam de um rápido e seguro

congelamento, especialmente quando o fabricante dispunha de baixo capital. O congelamento mecânico aplicava-se aos produtos de menor valor em fábricas que processavam elevados volumes e dispunham de espaço e capital. Atualmente, as indústrias que trabalham com alimentos congelados tem que analisar todos os fatores envolvidos - econômicos, qualidade e logística dentre outros, antes de decidir sobre o método criogênico, mecânico ou combinação dos dois (Demetrakakes citado por MAIA *et al.*, 1998b).

A rápida velocidade de congelamento conseguida por métodos criogênicos, produzem artigos de grande qualidade com cristais de gelo muito pequenos, uma vez que as perdas por desidratação são muito pequenas (COX, 1987). Segundo SILVA (1998), as características de qualidade superior do alimento submetido ao congelamento rápido é devido, principalmente, a dimensão, número e localização dos cristais de gelo.

FIKIN *et al.* (1977) estudaram vários métodos de congelamento em ervilhas e a estabilidade de clorofila e da vitamina C e observaram que ervilhas congeladas em nitrogênio líquido e por fluidização foram de melhor qualidade, com melhor resistência a alterações químicas do que ervilhas congeladas no congelador de placas e especialmente aquelas congeladas por corrente de ar.

Um congelante criogênico normalmente se refere a um fluido cujo ponto de ebulição está bastante abaixo do ponto de congelação normal do alimento. Quando o alimento é emergido no fluido, tem lugar uma evaporação do congelante sobre a superfície do alimento, melhorando portanto o coeficiente de película térmica (LEWIS, 1993). Entre os líquidos criogênicos se destacam o dióxido de carbono e o nitrogênio; este último é o agente ideal para a execução do processo, por ser inerte, de baixo ponto de ebulição e destituído de toxidez (EVANGELISTA, 1987).

Segundo VICENTE *et al.* (1994), o ultracongelamento com nitrogênio líquido apresenta uma série de vantagens, tais como: menor desidratação do alimento durante o processo de congelamento; menores perdas de peso do produto ao proceder a sua descongelação (menor retenção de água); melhores características organolépticas (cor, odor, sabor e textura), com a cor e o odor mais parecidos ao que tinham o produto inicialmente; melhor qualidade microbiológica (detenção do desenvolvimento microbiano e enzimático);

detenção dos processos de oxidação e rancificação provocados pelo oxigênio e pelo desenvolvimento bacteriano.

Outras vantagens do congelamento com nitrogênio líquido, quando comparado com o frio mecânico são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação entre o congelamento por nitrogênio líquido e frio mecânico (VICENTE *et al.*, 1994).

Elemento de comparação	Nitrogênio	Frio mecânico	Vantagem para:
1. Perdas de peso	0,1%	2,5 - 3,2%	N ₂ = menos perda
2. Velocidade de congelamento	3 a 15 min.	20 a 180 min.	N ₂ = congelamento mais rápido
3. Fluido refrigerante	N ₂ (-196 °C)	Ar (-25/-40 ^o C)	N ₂ = temperatura mais baixa
4. Preço do túnel	1	4 - 6	N ₂ = menos custo de equipamento inicial
5. Manutenção	1%	4 - 6%	N ₂ = menos custo de manutenção
6. Gastos anuais (fixo + variáveis)	Xpts/Kilo congelado	1,4Xpts/Kg	N ₂ = menos gastos anuais
7. Qualidade microbiológica	Detenção rápida do crescimento bacteriano	Detenção mais lenta	N ₂ = melhor qualidade microbiológica
8. Qualidade física	Sem exudado, inertização	Exudado, cor, inertização por ar	N ₂ = melhor qualidade física

2.2.2.3 - Armazenamento congelado

As polpas de frutas devem ser estocadas a uma temperatura nunca inferior a -18 °C, e esta temperatura deverá ser mantida durante todo o tempo de armazenamento, já que flutuações na temperatura do produto provocará o fenômeno conhecido como recristalização, favorecendo o crescimento de cristais de gelo e acelerando certas reações que irão reduzir o nível de qualidade do produto (MÖRORO, 1998).

A temperatura e o tempo de estocagem congelada são importantes fatores que afetam os valores nutritivos dos alimentos congelados (WATT, 1977). VENNING *et al.* (1989) mostrou em seu trabalho que polpa de kiwi armazenada a temperatura de -18 °C e

-25 °C apresenta leves mudanças na cor, clorofila total e concentração de ácido ascórbico. Em contraste, a estocagem -9 °C resultaram em mudanças significativas para estes atributos. Para AMER e RUBIOLO (1998) a variável mais importante no processo de conservação para diminuir a perda de ácido ascórbico em frutas congeladas foi a temperatura de armazenamento.

Segundo GRUDA e POSTOLSKI (1986), um dos fatores que mais exercem influência sobre a qualidade de alimentos submetidos ao congelamento, é o clima existente no local que se armazenam congelados. Este clima está constituído por variáveis como a temperatura, umidade absoluta e relativa do ar e renovação e circulação deste.

Segundo DOSSAT (1980), os fatores que regulam a qualidade máxima e a duração de armazenagem de qualquer produto congelado são: a natureza e composição do produto a ser congelado, o cuidado usado na seleção, na manipulação e preparo do produto para congelamento, o método de congelamento e as condições de armazenamento.

2.2.2.4- Cinética de congelamento

Uma forma prática de conhecer a evolução de um processo de congelamento é através da variação da temperatura do alimento em função do tempo durante o processo. Uma representação gráfica desta dependência dá origem as denominadas curvas de congelamento (KASAHARA, 1986).

Segundo o Instituto Internacional do Frio citado por NEVES FILHO (1991), durante o processo de congelamento, diferentes regiões do produto passarão através de vários estágios a diferentes tempos. Considerando-se uma região ou um ponto do produto, três estágios de alterações ou temperaturas poderão ser definidas (Figura 1).

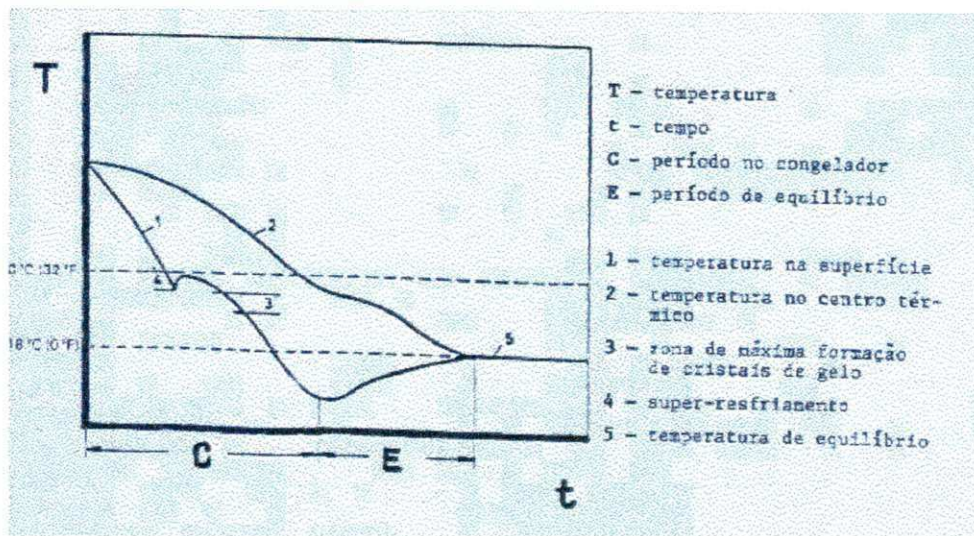


Figura 1 - Curva de temperatura para um produto durante o congelamento (IIR citado por NEVES FILHO, 1991)

Inicialmente, há o estágio de resfriamento, compreendendo o período decorrido entre o início do processo com o produto a uma alta temperatura até que se atinja a temperatura na referida região onde tem início a cristalização da água.

Em seguida tem-se o estágio de congelamento, período no qual a temperatura sofre pequena variação, onde maior parte da água muda de fase, transformando-se em gelo.

Finalmente, tem-se o período de redução da temperatura na qual a maior parte da água já foi convertida em gelo até atingir uma temperatura final, considerada como a temperatura em qualquer parte do produto, inclusive seu centro térmico.

BHOWMIK *et al.* (1979), afirma que a difusividade térmica é necessária na determinação das curvas de temperatura de alimentos durante processos de transferência de calor para a delimitação dos próprios procedimentos usados nestas operações.

Há duas formas gerais de se obter experimentalmente a difusividade térmica de um produto (NEVES FILHO, 1991):

1) Calculando-a através da seguinte fórmula:

$$\alpha = \frac{K}{\rho \cdot C_p} \quad (1)$$

onde:

K = condutividade

ρ = densidade

C_p = calor específico

Neste caso Olson e Jackson citados por Charm, notaram a relação entre a recíproca da inclinação da curva relacionando tempo e temperatura. A base do método é a relação exponencial entre a mudança da temperatura do produto e o tempo após um certo período de aquecimento, determinado pela equação de Fourier e com o auxílio de uma dimensão linear dependente da geometria do corpo (NEVES FILHO, 1991).

2) Ou medindo-a diretamente.

Os materiais que tem uma difusividade térmica alta podem ser aquecidos ou resfriados rapidamente, enquanto que substâncias com uma baixa difusividade térmica se aquecem ou resfriam lentamente. Assim, a difusividade térmica é uma propriedade importante quando se consideram situações de transferência de calor em estado não estacionário (LEWIS, 1993).

Segundo CALVELO (1986) o modelo matemático utilizado para descrever o resfriamento de alimentos cuja forma se assemelha a uma placa plana é :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (2)$$

De acordo com CRANK (1975) a solução da equação (1) para calcular a transferência de calor em regime transiente da polpa, cuja forma se assemelha a uma placa plana de espessura $2L$, no instante $F_0 = \alpha t/L^2$ (tempo adimensional denominado número de Fourier) é dado por :

$$RT = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \text{Exp}(\sigma_n^2 \cdot F_0) \quad (3)$$

onde:

$$\frac{(T - T_\infty)}{(T_0 - T_\infty)} = RT \quad (3a)$$

$$A_n = \frac{2 \cdot \text{sen } \sigma_1}{\sigma_1 + \text{sen } \sigma_1 \cdot \cos \sigma_1} \quad (3b)$$

$$F_0 = \left(\frac{\alpha}{L^2} \right) \cdot t \quad (3c)$$

em que:

RT = Razão de temperatura, adimensional

T = Temperatura em cada momento, °C

T_∞ = Temperatura do meio de congelamento, °C

T_0 = Temperatura inicial do produto, °C

F_0 = Número de Fourier, adimensional

A_n = Constante que depende do produto

σ_n = Raiz transcendental

F_0 = Número de Fourier, adimensional

α = Difusividade térmica efetiva, $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

L = Espessura da amostra de polpa/2

t = Tempo, s

2.3 - Características físico-químicas

2.3.1 - Ácido ascórbico

A acerola é de interesse nutricional principalmente por apresentar um alto teor de ácido ascórbico o qual varia de 0,8 a 3,5 % ou mais (ALVES, 1996).

Segundo FRANCO (1998), o teor de ácido ascórbico nos alimentos é influenciado por diversos fatores tais como: espécie, variedade, estado de evolução biológica (tamanho, maturação natural ou acelerada por meios diversos), época de colheita, tratamento do solo, colheita, transporte, armazenamento, conservação, áreas geográficas, influência da luz e dos raios solares e estações do ano. Na Tabela 3 encontra-se o conteúdo de vitamina C em frutos de acerola proveniente de diversas localizações geográficas, segundo diversos autores.

Nakasone *et al.*, citado por ARAÚJO e MINAMI (1994) relatam alguns fatores que afetam a retenção e síntese de ácido ascórbico em acerola:

- a) O teor de ácido ascórbico atinge o pico máximo, entre o décimo sexto e décimo oitavo dia, após a inflorescência, atingindo valores de até 4 %, declinando à concentrações inferiores àquelas encontradas até o décimo segundo dia após a antese;
- b) Os frutos de plantas desenvolvidas sobre o próprio sistema radicular tiveram o teor de ácido ascórbico ligeiramente inferior às enxertadas;
- c) Os frutos de plantas desenvolvidas sobre cinco níveis de insolação foram analisados. Os frutos oriundos de plantas desenvolvidas sob insolação direta obtiveram o melhor resultado, ocorreu declínio no teor de ácido ascórbico a medida que a insolação diminuiu. As plantas desenvolvidas sem proteção produziram em média 2,1 Kg de frutos por planta durante a estação, enquanto àquelas sombreadas, alcançaram 0,4 a 1,3 Kg/planta. A altura e tamanho das folhas aumentaram com a intensidade luminosa;
- d) A exposição do fruto colhido à insolação direta por um período superior a quatro horas promoveu significantes perdas no teor de ácido ascórbico;
- e) Os frutos armazenados à sombra no campo, sofreram pequena perda de ácido ascórbico. Observou-se ocasionalmente, que o teor de ácido ascórbico aumentou com o armazenamento refrigerado, embora isso não seja consistente.

Trabalhos realizados por Fitting e Miller e Batista *et al.* citados por ALVES (1996) demonstram que o conteúdo de vitamina C na acerola é afetado inclusive pela localização dos mesmos na planta.

A acerola é preferida como fonte de vitamina C, pois apenas 50 % da vitamina C sintética consegue ser absorvida pelo organismo, enquanto que 100 % da natural é absorvida (ARAÚJO e MINAMI, 1994).

A vitamina C ou ácido ascórbico é uma vitamina hidrossolúvel, sendo seu excesso eliminado pelo organismo, não causando hipervitaminose. É a vitamina de maior necessidade no desenvolvimento e manutenção do organismo humano. É indicada como reforço na dieta alimentar de gestantes, de mulheres que amamentam, de crianças, adolescentes, jovens e de pessoas idosas ou em processo de desgaste físico intenso (UFPE, 1984; FERREIRA e MONTEIRO, 1996).

A vitamina C desempenha entre outras funções, um importante papel nos fenômenos de respiração celular, na atividade das enzimas, na estimulação dos centros formadores dos glóbulos do sangue, nos mecanismos da coagulação sanguínea, na absorção do ferro, na atividade da fagocitose, na defesa do organismo contra infecções e intoxicações, no equilíbrio dos hormônios sexuais e na formação de substâncias intercelulares (UFRPE, 1984).

Segundo FRANCO (1998) para adultos são preconizados 45 mg diários de vitamina C, 60 mg durante a gestação e 80 mg no período de lactação, diariamente. O grupo de especialistas da FAO/OMS recomenda 30 mg diários de vitamina C para adultos de ambos os sexos, de 13 a 50 anos; 50 mg durante a gestação e lactação e, para crianças recém-nascidas e crianças até a idade de 13 anos, 20 mg diários. O padrão de 1 Unidade Internacional é igual a 0,05 mg de ácido ascórbico (1 mg = 20UI). LEDIN (1958) afirma que um fruto de acerola pode fornecer de 53 a 176 mg de ácido ascórbico e isto pode suprir a necessidade humana diária.

Em adição a vitamina C (ácido ascórbico e dehidroascórbico) a acerola contém outras vitaminas, que com exceção da pró-vitamina A (β -caroteno), todas as outras estão presentes em pequenas quantidades. As vitaminas do grupo B, tiamina, riboflavina e niacina, apresentam valores inferiores aos recomendados pelo U.S.R.D.A (Tabela 4).

LEDIN (1958) considera a acerola uma excelente fonte de pró-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.

Tabela 3 - Conteúdo de vitamina C em frutos de acerola provenientes de diferentes localizações geográficas.

Pesquisador e data	País de origem	Nome botânico	Vitamina C* (mg/100g)
Asenjo e Gusman (1946)	Porto Rico	<i>M. puniceifolia</i>	2247
Vieta <i>et al.</i> (1946)	Cuba	<i>M. glabra</i>	956
Mustard (1946)	Flórida	<i>M. puniceifolia</i>	2317
Jaffe <i>et al.</i> (1950)	Venezuela	<i>M. puniceifolia</i>	1130
Munsell <i>et al.</i> (1950 a)	Guatemala	<i>M. glabra</i>	15
Munsell <i>et al.</i> (1950 b)	Guatemala	<i>M. glabra</i>	16
Cravioto (1951)	México	<i>M. puniceifolia</i>	2520
Cravioto <i>et al.</i> (1951)	México	<i>M. glabra</i>	125
Gusman (1953)	Guatemala	<i>M. glabra</i>	26
Floch e Gelard (1955)	Guiana Francesa	<i>M. puniceifolia</i>	1759
Massien <i>et al.</i> (1955)	México	<i>M. puniceifolia</i>	1900
Asenjo (1956)	Haiti	<i>M. puniceifolia</i>	1180
Asenjo e Santamaria (1957)	Colombia	<i>M. puniceifolia</i>	1100
Fitting e Miller (1958)	Havai	<i>M. puniceifolia</i>	1945
Brown (1967)	Austrália	<i>M. glabra</i>	1625
Fonseca <i>et al.</i> (1969)	Brasil	<i>M. puniceifolia</i>	1975
Leme <i>et al.</i> (1973)	Brasil	<i>M. puniceifolia</i>	1050
NOGUEIRA (1991)	Brasil	<i>M. glabra</i>	1510,12
OLIVA (1995)	Brasil	<i>M. glabra</i>	2644
ALVES (1993)	Brasil	<i>M. emarginata</i>	1822-1021
COUTINHO (1993)	Brasil	<i>M. glabra</i>	1214-1539
CARVALHO e MANICA (1993)	Brasil	<i>M. glabra</i>	1559,34

* Valores obtidos de polpa de frutos parcialmente maduros.

Fonte: OLIVA (1995); ALVES (1993); COUTINHO (1993); CARVALHO e MANICA (1993); NOGUEIRA (1991); ASENJO (1980).

Tabela 4 - Vitaminas do grupo B na acerola

Vitaminas (mg/100g)	Suco ⁽¹⁾	Polpa ⁽²⁾	Suco ⁽³⁾	Fruto c/caroço ⁽³⁾	Polpa ⁽⁴⁾
Tiamina	24	4-24	30,0	30,0	28
Riboflavina	73	43-38	50,0	50,0	70
Niacina	480	464-526	290,0	407,0	340
Vitamina B ₆	205	-	4,4	8,7	-

Fonte: ASENJO (1980) citando (1) Asenjo (1946; 1958; 1950) e Asenjo e Muniz (1955); (2) Munsell *et al.* (1950 a,b); (3) Derse e Elvehjen (1954); (4) Miller *et al.* (1961).

2.3.2 - Acidez titulável

A acidez total (fixa e volátil) em alimentos é resultante dos ácidos orgânicos do próprio alimento, dos adicionados intencionalmente durante o processamento e daqueles resultantes de alterações químicas do produto. Portanto, a determinação da acidez total pode fornecer dados valiosos na apreciação do processamento e do estado de conservação do alimento (CARVALHO *et al.*, 1990).

A acidez total expressa a percentagem em peso dos ácidos orgânicos presentes nas frutas. É indicativo da participação ácida no gosto doce ácido no caso de polpas (FAPEP/SINE-PB, 1997).

O teor de acidez total tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta, até seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que ela vai amadurecendo (BLEINROTH, 1988). ASENJO e MOSCOSO (1950), determinaram a acidez total no suco (ml de NaOH 0,1 N/100 ml de suco) de diferentes clones e observaram que nos frutos maduros a acidez variou de 81,6 a 188,5 ml e, parcialmente maduros, de 133,8 a 208,4 ml.

ASENJO (1959), relata que a acidez acentuada da acerola está relacionada com o teor dos seguintes ácidos: 50 % de ácido málico, 24 % de ácido ascórbico, 13 % de ácido dehidroascórbico e 13 % distribuídos, com pequeno percentual de ácido cítrico e outros ácidos não identificados.

A acidez é usualmente calculada com base no principal ácido presente, expressando-se o resultado como percentagem de acidez titulável e nunca total, devido aos componentes ácidos voláteis que não são detectados (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

2.3.3 - Açúcares totais e redutores

Os açúcares solúveis presentes nos frutos na forma livre ou combinada são responsáveis pela doçura, pelo "flavor", através do balanço com os ácidos, pela cor atrativa, como derivados das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais. O teor de açúcares geralmente aumenta com a maturação dos frutos. Os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são a glicose e frutose (açúcares redutores) e a sacarose (açúcares não redutores) (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

ASENJO e MOSCOSO (1950) determinaram os açúcares redutores na acerola parcialmente madura e madura, de diferentes clones, e encontraram valores de 2,8 a 3,7 g/100g e 3,0 a 5,4 g/100g, respectivamente.

SANTINI e HUIKE (1956a) em estudo com cromatografia qualitativa observaram a presença de glicose, frutose e sacarose no suco fresco de acerola.

2.3.4 - Sólidos solúveis (°Brix)

É a percentagem, em gramas, de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou polpa. No caso de frutas, esses sólidos aquo-solúveis são constituídos por: açúcares (65 a 85% dos sólidos dissolvidos), ácidos orgânicos, sais minerais, vitamina C e do complexo B e outras substâncias aquo-solúveis (FAPEP/SINE-PB, 1997).

Segundo CHITARRA (1998), o teor de sólidos solúveis pode ser utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, uma vez que aumenta de valor à medida que estes vão se acumulando no fruto. Os teores são muito variados com a espécie, cultivar, o estágio de maturação e o clima, podendo encontrar-se numa faixa de 2 a 25 %, com valores médios entre 8 e 14 %.

Segundo ALVES (1996) na acerola, com nossas condições, podem-se encontrar valores de 5 até um máximo 12 °Brix, sendo a média em torno de 7-8 °Brix . A chuva ou o

uso de irrigação excessiva na acerola, na maioria das vezes reduz o conteúdo de açúcares (Brix), pela diluição do suco celular, como é o caso de alguns plantios comerciais no Nordeste, onde o Brix atinge valores próximos de 5,0 por ocasião das chuvas.

2.3.5 - pH

É a acidez da fruta ou de um alimento qualquer. Isto se deve ao fato de que os ácidos presentes nos alimentos, encontram-se parcialmente na forma molecular e, parcialmente, na forma dissociada, que é a que apresenta as propriedades ácidas (FAPEP/SINE-PB, 1997).

A concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é importante pela influência que exerce sobre os tipos de microrganismos aptos à sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente deveriam produzir (GAVA, 1979). Segundo LEITÃO (1980), as frutas e seus derivados geralmente apresentam valores de pH abaixo de 4,5.

CARVALHO e MANICA (1993), analisando as características físicas e químicas de acerolas colhidas nos estágios de maturação verde, semi-madura e madura verificaram que o pH dos frutos aumentou com a maturação devido ao decréscimo da acidez.

Na Tabela 5 encontram-se os valores de pH, acidez titulável, açúcares totais, açúcares redutores e não-redutores e sólidos solúveis, conforme vários pesquisadores.

Tabela 5 - Valores de pH, acidez titulável, açúcares totais, açúcares redutores e não-redutores, sólidos solúveis (°Brix), conforme vários pesquisadores.

Características	Suco ⁽¹⁾	Fruta ⁽²⁾	Suco ⁽³⁾	Suco ⁽⁴⁾	Polpa ⁽⁴⁾
pH	3,50	3,60	3,10	3,30	3,32-3,34
Acidez Tit. (% ac. málico)	1,07	1,16	-	0,89	1,24-1,49
Açúcares totais (%)	2,53	4,10	-	-	-
Açúcares redutores (%)	1,89	2,50	-	-	2,84-3,94
Açúcares não-redutores	0,64	-	-	-	-
Sólidos solúveis (°Brix)	5,40	6,50	8,3	7,20	5,10-7,00

Fonte : (1) FIGUEIRÊDO (1998); (2) OLIVA (1995); (3) QUINTEROS (1995); (4) MATSUURA (1994); 5 - NOGUEIRA (1991).

2.4 - Características sensoriais

Na indústria competitiva a qualidade vem se tornando uma das grandes armas para a obtenção de vantagens de mercado. Os métodos disponíveis para o levantamento das causas de problemas de qualidade de alimentos são de três tipos: físico-químicos, microbiológicos e sensoriais. O meio mais simples, rápido e direto de acesso às causas de defeitos de qualidade é a avaliação sensorial. Além disso, não há métodos analíticos isolados que possibilitem avaliar satisfatoriamente o sabor, a sensação oral ou a aparência dos alimentos (Bodyfelt *et al.*, citado por CHAVES, 1993). O uso de uma equipe de provadores gradualmente substitui o "expert", ou degustador treinado em determinado produto. A análise sensorial tem várias aplicações como em controle de qualidade, desenvolvimento de novos produtos, testes de consumidores, estudos de percepção humana, correlação com medidas físicas, químicas e instrumentais, etc (Amarine *et al.*, citados por ALMEIDA, 1996).

A análise sensorial faz uso dos sentidos humanos para medir as características sensoriais dos alimentos. Muitas vezes a análise sensorial é vista apenas como uma série de métodos, não como um conjunto de estratégias para que os métodos mais apropriados sejam empregados para cumprir um objetivo. Entender como nosso sistema sensorial opera, em termos de fisiologia ou percepção, permite ao experimentador melhor compreensão dos seus dados. Somente conhecendo as propriedades dos receptores sensoriais envolvidos, as possibilidades de adaptação sensorial, as relações entre magnitude sensorial e intensidade física do estímulo e fatores de personalidade, o analista sensorial poderá compreender as reações sensoriais dos produtos, e desenvolver testes apropriados para cada produto (O'Mahony; Moskoswitz, citados por ALMEIDA, 1996).

A avaliação sensorial de alimentos é função primária do homem, que desde a infância, os aceita ou os rejeita de acordo com a sensação que experimenta ao observá-los ou ingeri-los. Esse aspecto de qualidade, que incide diretamente na reação do consumidor, é que se denomina qualidade sensorial, e é o que pode levar às inovações, ao sucesso ou ao fracasso. Então se é desejado avaliar a qualidade sensorial de um alimento e dizer as sensações que o homem terá ao ingeri-lo, nada mais óbvio do que perguntar a ele mesmo.

Para que o resultado deste tipo de questionamento fornecesse uma resposta precisa e reprodutível, a Análise sensorial foi criada (CHAVES, 1993).

Segundo Hildegarde citado por PORETTA (1996), dados sensoriais de consumidores por sua natureza são subjetivos. Mas é possível analisar objetivamente os dados subjetivos e extrair validade, isto é, análises descritivas bem executadas levam a dados subjetivos.

2.4.1 - Aparência

A aparência é o fator de qualidade de maior importância do ponto de vista de comercialização. É avaliada por diferentes atributos como grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (CHITARRA, 1998).

Segundo TEIXEIRA *et al.* (1987), cada alimento específico tem uma aparência esperada, que os observadores associarão com aceitação, indiferença ou rejeição. Além disso, as características visuais do alimento induzem o consumidor a esperar certo sabor correspondente, isto porque, cada vez que está ante determinada imagem, recordar-se-á de tudo o que já aprendeu sobre aquele alimento em particular.

2.4.2 - Cor

A percepção do mundo que nos rodeia é determinada pelas nossas impressões sensoriais. O valor da impressão visual é realçado pela capacidade de percebermos, não só a luz e a sombra, mas também a cor, e aprendermos a associar certos objetos com cores. A impressão que temos de um alimento é comumente visual, sendo que maior parte de nossa tendência em aceitá-lo depende da cor (SILVA, 1973).

A aparência de um alimento concorre grandemente para sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto os naturais quanto os processados. A cor dos alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural (pigmentos naturais), ou da adição de corantes sintéticos. Além desses compostos, durante processamento ou armazenamento de alimentos pode haver formação de substâncias coloridas, como é o caso dos caramelos e melanoidinas (BOBBIO e BOBBIO, 1992a).

A cor de um alimento pode variar consideravelmente de lugar para lugar e de estação para estação, dependendo de numerosos fatores. Desse modo, ela pode servir não

só como útil critério de qualidade, mas também como indicador de vários tipos de mudanças deteriorativas sofridas pelo produto (SILVA, 1973).

A cor natural da maioria dos alimentos é proporcionada pela presença de clorofila, carotenóides, antocianinas, etc, os quais são susceptíveis às variações durante estocagem e processamento (IADEROZA e DRAETTA, 1991).

VENNING *et al.* (1989), estudaram o efeito da temperatura de estocagem na cor e clorofila da polpa de Kiwi e mostraram que a -18 °C e a -25 °C não ocorrem mudanças na cor, mantendo-se o amarelo esverdeado moderado. No entanto, a -9 °C mudanças consideráveis na cor foram observadas, a polpa tornou-se amarronzada e amarelada após 52 semanas.

Segundo SANTINI JÚNIOR e HUYZE (1956b), a cor vermelha do suco de acerola é devido a um pigmento do grupo das antocianinas (malvina).

As antocianinas são pigmentos muito instáveis, podendo ser degradados no próprio tecido ou destruídos durante processamento e estocagem do alimento sob efeito de alguns fatores, tais como pH do meio, temperatura, antioxidantes, aditivos e outros (IADEROZA e DRAETTA, 1991).

As antocianinas sofrem profundas mudanças em sua cor em diferentes níveis pH (BOBBIO e BOBBIO, 1992b). Em pH ácido, o pigmento existe na forma de sal flavílico de coloração avermelhada. Em pH 7,0-8,0, o pigmento adquire uma coloração azul intensa ou amarelada, ocorrendo formação de chalconas (Harbone; Timberlake, citados por IADEROZA e DRAETTA, 1991). Segundo UYGUN e ACAR (1995) e BOBBIO e BOBBIO (1995), as antocianinas mostram sua coloração vermelha mais intensamente abaixo de pH 3.0.

O aquecimento acelera a degradação das antocianinas. A presença de açúcares e de ácido ascórbico causa perda de cor das antocianinas e causa problemas na cor das frutas enlatadas com xarope. A luz é o segundo fator, depois do pH, em importância na alteração da cor das antocianinas. Esta destruição é mais intensa quando o fator luz é combinado com o efeito do oxigênio (BOBBIO e BOBBIO, 1992b).

Outro fator que tem merecido importância é a presença de metais, principalmente em produtos enlatados, o aparecimento de compostos de cor púrpura nesses produtos foi atribuído aos íons de estanho e sua interação com o grupo ortoidroxílico das antocianinas. A perda de pigmentos antociânicos é, algumas vezes atribuída à atividade de oxidasas do tipo antociânase e polifenoloxidasas que os utilizam como substratos nas suas reações degradativas (IADEROZA e DRAETTA, 1991).

SONDHEIMER e KERTESK (1953) pesquisaram a participação do ácido ascórbico na destruição da antocianina em suco de morango e concluíram que a taxa de perda de antocianina é influenciada pela taxa de oxidação do ácido ascórbico. O peróxido de hidrogênio formado durante a oxidação aeróbia ao ácido ascórbico, mesmo estando a baixas concentrações, pode oxidar a pelargonidina 3-monoglicósido dentro de componentes menos intensamente coloridos.

HOFSSOMMER (1995) determinou as antocianinas em sucos de frutas e mostrou que a principal influência sobre o teor de antocianinas é o tempo de estocagem, pois todas as amostras analisadas mostraram picos significativamente mais baixos quando o tempo de estocagem foi aumentado. O autor ainda alerta sobre a importância da temperatura de estocagem.

NEBESKY *et al.*(1949) estudaram os efeitos do tempo e temperatura de estocagem, e sua relação com oxigênio, luz, açúcar, pH e ácido ascórbico, na determinação da cor de suco de 7 diferentes frutas e em soluções purificadas com antocianina de morango e groselha e observaram que a temperatura de estocagem e o teor de oxigênio foram os mais específicos agentes responsáveis pela deterioração da cor durante a estocagem dos sucos. Exposição à luz causou pequena deterioração na cor dos sucos, mas exerceu um clareamento nos pigmentos de antocianina isolados.

2.4.3 - Sabor e aroma

O sabor e o aroma são apreciados em conjunto e designados como "flavor", uma vez que se correlacionam como atributo de qualidade único.

O "flavor" na realidade é a percepção sutil e complexa da combinação entre sabor (doce, ácido, adstringente, amargo), odor (substâncias voláteis) e textura (firmeza, maciez, granulabilidade, etc.) (CHITARRA, 1998). MEYER (1968) faz a mesma descrição para o

flavor e acrescenta ainda que a sensação residual que o alimento deixa na boca, após ser deglutido, contribui para a sensação do flavor. LINDSAY (1993) afirma que o termo "flavor" surgiu para um uso que implica a percepção global de todos os sentidos que agem no momento de se consumir o alimento (inclusive audição e tato).

Os sistemas sensoriais químicos da gustação estão espalhados por toda a cavidade bucal e estão concentrados na língua (TEIXEIRA *et al*, 1987). Os receptores do sabor são distribuídos desigualmente sobre a língua; os receptores do sabor doce na ponta da língua, os do ácido e salgado nos lados e os do amargo na base e, às vezes, na garganta. São renováveis em poucos dias e não são rigorosamente específicos. Existe alguma transposição: um receptor que responde a um açúcar não responderá necessariamente a outra substância de gosto doce, mas pode dar uma ligeira resposta para um gosto amargo (MORI, 1991).

As substâncias que conferem aos alimentos o sabor doce são os açúcares, dos quais os mais comuns são : sacarose, glucose e frutose , os demais açúcares apresentam menor grau de doçura. O sabor ácido é atribuído a presença de ácidos orgânicos como tartárico, málico, succínico, láctico e outros, que são encontrados nos tecidos vegetais e animais. São encontradas muitas diferenças entre os sabores produzidos pelos ácidos, o que comprova a importância do ânion na formação do sabor. Para o sabor salgado, o cloreto de sódio é o principal responsável, pois outros sais são menos eficientes, além de possuírem, em sua grande maioria, um certo grau de amargor. O sabor amargo é produzido pelos alcalóides (quinino, cafeína, estricnina e solaninas), alguns peptídeos (proteína hidrolizada por enzimas de microorganismos em alguns queijos), alguns flavonóides na forma de glicosídeos (naringina e neo-hesperidina) e também alguns sais (BOBBIO e BOBBIO, 1992b).

O odor dos alimentos provém de substâncias voláteis que se desprendem e estimulam os quimiorreceptores olfativos das narinas, e é percebido pelo sentido do olfato. De acordo com a concentração do odor, diferentes células sensoriais serão ativadas.

A sensibilidade do olfato humano é bastante eficiente. Quando treinado consegue perceber a presença de certas substâncias em concentrações baixíssimas e consegue também distinguir milhares de odores diferentes. Provadores de chá, café, vinho e perfume

parecem utilizar mais uma memória para odores do que a hipersensibilidade (TEIXEIRA *et al.*, 1987). A sensibilidade varia com o indivíduo e diminui com a idade (MORI, 1991).

Segundo Patrick Macleod citado por ZUROWIETZ (1996), o processo de percepção sensorial do olfato é dividido em três fases: Na primeira fase, uma molécula olfativa passa por uma etapa de detecção e decodificação, ou seja o momento em que as moléculas olfativas alcançam a membrana ciliar olfativa e lá são capturadas pelas proteínas. A segunda fase consiste do processamento da informação, ou seja da reconhecimento dos símbolos e pode ser dita que é semelhante a ação de processamento de imagem em um computador. A terceira fase é integração, isso não ocorre até todas as informações serem processadas, compreendidas, reconhecidas e identificadas. Durante esta fase, o molde comportamental começa a funcionar, e é apenas neste ponto que podemos falar do prazer.

Na olfação é a mesma célula nervosa que recebe o sinal por via de uma molécula do odor no nariz que reage e avança diretamente ao centro olfatório do cérebro. O centro olfatório está em contato próximo com aquelas regiões que processam os estímulos sexuais e emocionais, tanto quanto os centros para a memória e consciência. Consequentemente impressões olfativas podem evocar muitas emoções fortes ou memória (ZUROWIETZ, 1996). A sensibilidade olfativa varia com o indivíduo e diminui com a idade (MORI, 1991).

2.5 - Efeito dos diferentes tratamentos tecnológicos e do armazenamento na degradação do ácido ascórbico e das propriedades organolépticas

O ácido ascórbico é muito sensível a diversas formas de degradação. Entre os numerosos fatores que podem influenciar nos mecanismos degradativos podemos citar a temperatura, a concentração de sal e açúcar, o pH, oxigênio, as enzimas, os catalisadores metálicos, a concentração inicial do ácido ascórbico e dehidroascórbico (TANNENBAUM *et al.*, 1993).

A principal causa da degradação da vitamina C é a oxidação, aeróbia ou anaeróbia, ambas levando à formação de furaldeídos, compostos que polimerizam facilmente, com formação de pigmentos escuros. É também destruída pela ação da luz (BOBBIO e BOBBIO, 1992a).

O aumento da velocidade de oxidação do ácido ascórbico está relacionado com o tratamento térmico ao qual a fruta ou produto foi submetido. Muitos trabalhos enfatizam a necessidade de se evitar altas temperaturas, utilizar processo de enchimento com mínimo de aeração, evitar exposição à luz e a contaminantes metálicos para se obter um produto com maior valor nutricional possível (Counsell citado por OLIVA, 1995).

A perda de ácido ascórbico é frequentemente tomada como indicação da extensão de possíveis perdas em outros nutrientes, ele se perde mais facilmente que os demais nutrientes e medidas que o protegem, protegerão também os demais nutrientes (WATT, 1977). O processamento apropriado preserva 80 a 90 % desta vitamina, por isto sua análise pode servir para checar a organização da linha de produção (CZYHRINCIW, 1969).

MUSTARD (1946) procurando conhecer a perda de vitamina C da acerola durante a transformação em geléia, verificou uma redução de 499 para 763 mg (média 600 mg)/100 g de geléia e perda de 50 % desses valores durante estocagem por um período de 6 meses.

COUTINHO (1993) estudou o processamento térmico e químico de polpa de acerola e mostrou que ocorreu uma maior redução de vitamina C (18,17 %) no tratamento térmico do que no tratamento químico (10,37 %), no entanto, o tratamento térmico foi mais eficaz na manutenção da qualidade e conservação da polpa. Após o tratamento químico a variação da cor da polpa continuou lentamente, e com o tratamento térmico a perda de cor foi imediata, porém proporcionou uma estabilidade ao longo do tempo.

NOGUEIRA (1991) estudou a estabilidade da vitamina C na polpa de acerola preservada por pasteurização (aquecimento em banho maria, à temperatura de 100 °C e armazenamento à temperatura ambiente) e congelamento (-18 °C) e observou que a vitamina C mostrou-se estável em ambos os processos. Alterações de flavor e um ligeiro escurecimento foram observados na polpa preservada por alta temperatura.

Vieira *et al.* citados por RIGHETTO (1996), estudaram a estabilidade da vitamina C na polpa de acerola e mostraram que não ocorrem perdas significativas em polpas congeladas (-18 °C). No entanto em polpas resfriadas até 1 °C observaram uma perda em torno de 50 % no teor inicial de vitamina C; as polpas submetidas a um processo de

cozimento por 30 minutos, apresentaram um decréscimo de aproximadamente 16 % no conteúdo de vitamina C.

MATSUURA (1994) estudou os efeitos do tratamento térmico e da concentração do suco de acerola e a estabilidade química, físico-química, sensorial e microbiológica durante a vida-de-prateleira dos produtos e mostrou que o tratamento térmico de 88 °C por 45 segundos proporcionou uma perda de 12 % de ácido ascórbico. A análise sensorial demonstrou que o suco não tratado termicamente apresentou odor, sabor e cor mais característicos que o suco tratado.

OLIVA (1995) estudou a retenção de ácido ascórbico em néctar de acerola obtidos pelo processo "Spin Cooker" e "Hot Fill", e observaram que o armazenamento à temperatura ambiente é bastante crítico para a estabilidade do néctar. Nestas condições as perdas de ácido ascórbico são relativamente elevadas 27,39 % e 27 % para néctar "Spin Cooker" e "Hot Fill" respectivamente, após 180 dias de armazenamento, quando comparadas ao produto armazenado sobre refrigeração que apresentou 3 % de perda de ácido ascórbico, no mesmo período de armazenamento. Alterações de sabor e cor nas amostras armazenadas à temperatura ambiente foram detectadas pelos provadores na avaliação organoléptica e na análise instrumental da cor.

LEME Jr *et al.* (1973) estudaram a retenção de ácido ascórbico e do beta-caroteno em acerola liofilizada. Verificou-se nas duas experiências realizadas que a perda de ácido ascórbico durante a liofilização foi de 3,6 a 6,4 % e perda média mensal de 0,9 % a 1,1 % no produto estocado à temperatura ambiente por período de 4 a 9 meses. Quanto ao beta-caroteno, não houveram perdas durante a liofilização e a perda média mensal durante o armazenamento foram de 1,9 a 3,0 %. O produto desidratado continha um índice de ácido ascórbico de 11 % e de 5 % de beta-caroteno.

RITTER (1994) constatou em seu trabalho com néctar de acerola que durante 120 dias de armazenamento, a uma temperatura ambiente entre 25 e 28 °C, ocorre variação no teor de vitamina C, sendo este fato explicado pela não desaeração do produto e das possíveis perdas pelo aquecimento ao qual o produto foi submetido durante o processamento.

MATSUURA *et al.* (1996) constatou em seu trabalho que acerola em calda processada através do sistema contínuo de agitação ("Spin Cooker") apresentou estabilidade físico-química durante o armazenamento, apresentando 372,43 a 411,71 mg de ácido ascórbico por 100g de fruto aos 180 dias de armazenamento. A análise sensorial do sabor apresentou resultados satisfatórios com maiores valores para os produtos com 30 graus Brix , enquanto que a cor não pode ser avaliada devido a grande desuniformidade desse atributo no produto final.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, na cidade de Campina Grande - PB.

3.1- Material

A matéria prima utilizada neste trabalho foi frutos de acerola provenientes da Fazenda Agroara, localizada em Petrolina - PE e adquiridos no mercado local de Campina Grande - PB.

Os frutos foram utilizados no estágio maduro, onde aproximadamente 90 % apresentavam coloração vermelha na superfície e 10 % com coloração laranja (Figura 2).

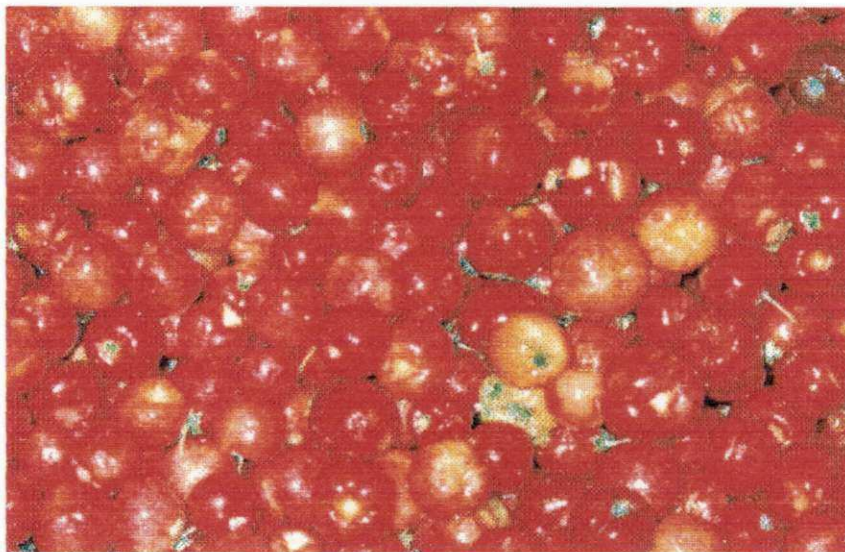


Figura 2 - Frutos de acerola utilizados no experimento evidenciando estágio de maturação

3.2 - Métodos

3.2.1 - Análises físicas

Foram escolhidos aleatoriamente 30 frutos de acerola, onde foram realizados os estudos abaixo discriminados.

- Massa (g)

A massa dos frutos foi obtida pela pesagem individual de cada fruto em balança analítica de marca OHAUS com precisão de 0,0001 gramas.

- Dimensões (mm)

As medidas de diâmetro maior e diâmetro menor dos frutos foram realizadas com auxílio de paquímetro da marca MUTITOYO, com precisão de 0,02 mm (Figura 3).

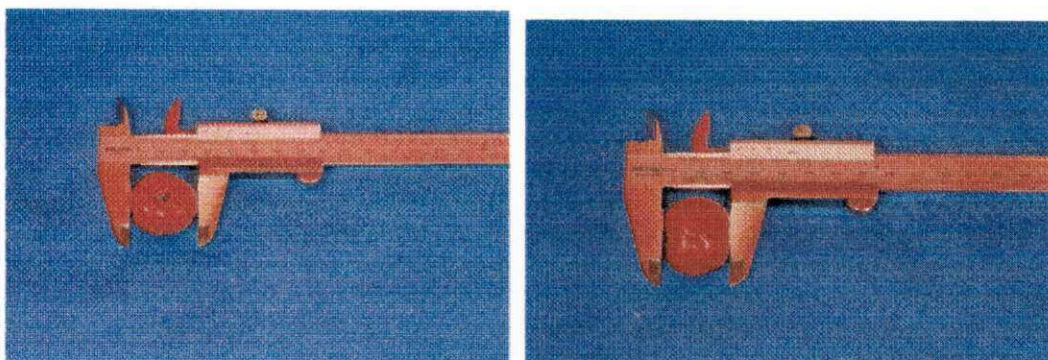


Figura 3 - Medição do diâmetro maior e menor do fruto de acerola

- Volume (cm³)

O volume foi determinado através do método de deslocamento de massa de água ou método da balança, onde a massa de água deslocada é medida e a partir da qual se calcula o volume da fruta, utilizando-se a equação (4):

$$\text{Volume} = \frac{\text{Massa de água deslocada}}{\text{Massa específica da água}} \quad (4)$$

- Massa específica (g/cm³)

A massa específica dos frutos foi obtida através do quociente da massa pelo volume.

3.2.2 - Processo de obtenção e conservação da polpa

A figura 4 mostra o fluxograma das operações utilizadas para obtenção e conservação da polpa.

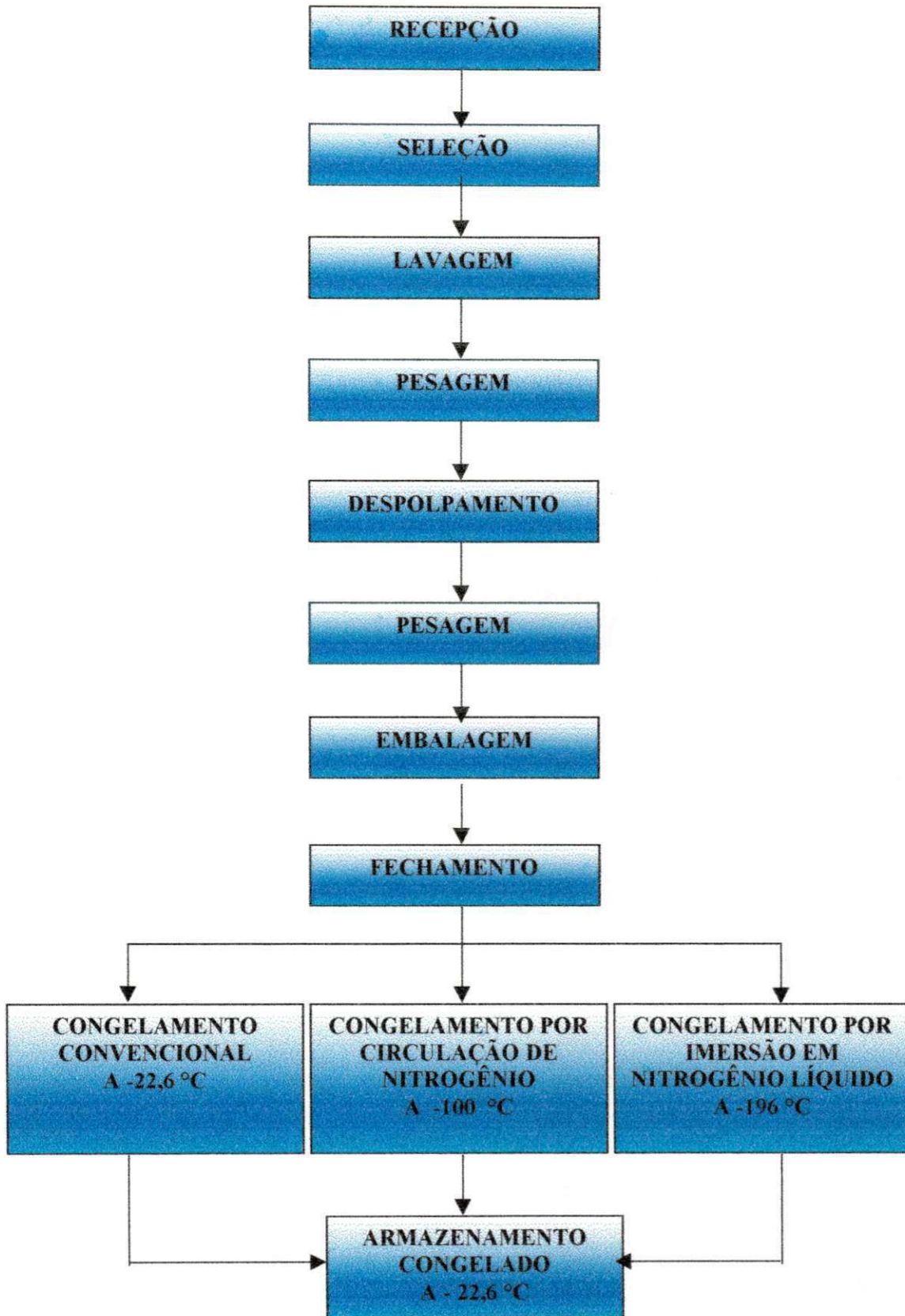


Figura 4 - Fluxograma de obtenção e conservação da polpa de acerola

Os frutos ao serem recebidos no laboratório de processamento e armazenamento de produtos agrícolas, foram inicialmente selecionados manualmente, com a finalidade de eliminar frutos estragados e em estágio de maturação inadequado.

Depois da seleção, os frutos foram lavados e desinfetados manualmente por imersão em baldes plásticos contendo solução de hipoclorito de sódio, com concentração de 30 ppm, seguida de enxágüe com água potável. Em seguida os frutos foram pesados para posterior cálculos do rendimento.

O despulpamento dos frutos foi realizado utilizando uma despulpadeira da marca LABOREMUS, modelo DF 200 (Figura 5), com capacidade aproximada de 200 Kg por hora, utilizando-se uma tela de 1 mm de diâmetro.

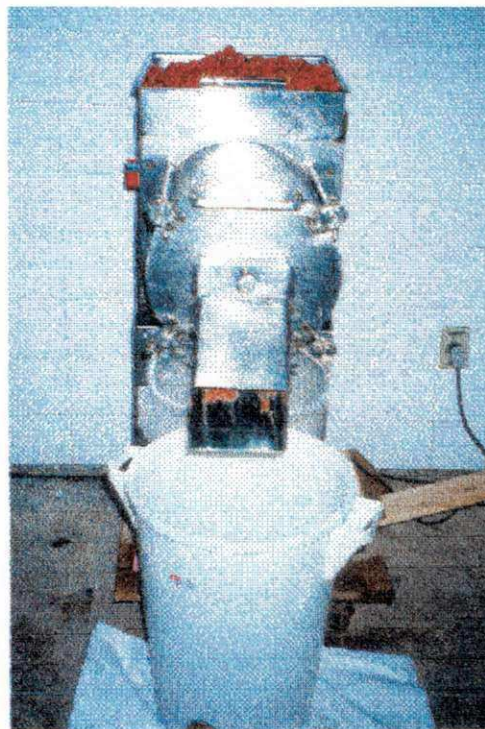


Figura 5 - Despulpadeira utilizada no processamento da acerola

Após o despulpamento, a polpa obtida foi pesada para verificação do rendimento.

A polpa foi embalada em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, de tamanho 16 x 4,5 e espessura 0,025 mm (Figura 6).

Em cada embalagem foram acondicionadas 50g de polpa, procedendo-se posteriormente o fechamento, em seladora da marca Selamult-Barra quente, ref 101.

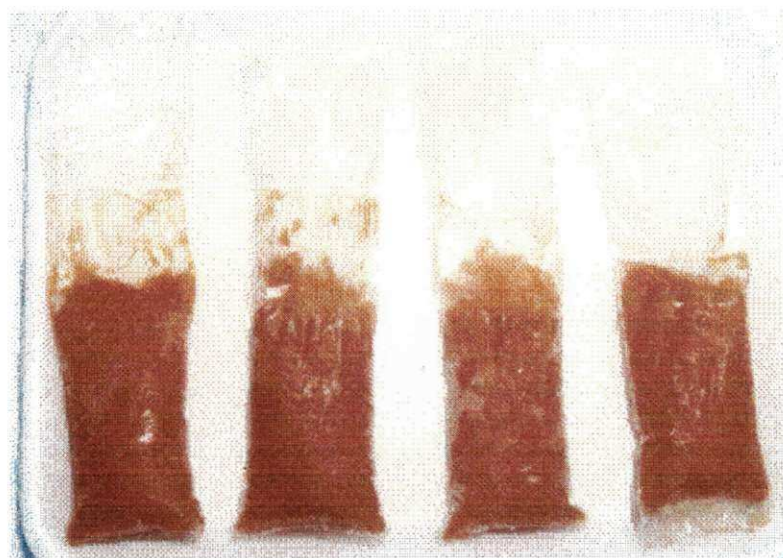


Figura 6 - Embalagem utilizada no acondicionamento da polpa

3.2.3 - Cinética de congelamento

Para obtenção das curvas de congelamento da polpa de acerola, introduziu-se um termopar no centro das embalagens de polietileno de baixa densidade, de tamanho 16 x 4,5 cm e espessura 0,0025 cm, vedou-se e adicionou-se 50 g de polpa em cada embalagem, selando-se em seguida.

Após a selagem, colocou-se as polpas nos equipamentos destinados ao congelamento, sempre na posição horizontal, assumindo posição de placa plana. Procedeu-se as leituras de temperatura para a polpa, nos métodos de congelamento convencional em freezer a temperatura média de -22,6 °C, congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C e imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

3.2.3.1 - Tratamento dos dados

Os coeficientes da Equação 3 foram obtidos utilizando-se o programa STATISTICA 5.0, fazendo-se uma análise de regressão não linear da razão de temperatura em função do tempo.

As curvas de congelamento da polpa de acerola foram divididas em três partes correspondentes aos três estágios típicos do processo de congelamento da polpa (resfriamento, mudança de fase e pós-congelamento).

3.2.4 - Métodos de congelamento inicial

3.2.4.1 - Congelamento convencional (-22,6 ° C)

O congelamento convencional foi realizado colocando-se 12 lotes, cada um contendo 10 sacos de 50g de polpa, em freezer horizontal marca Consul 220 L, a uma temperatura média de - 22,6 °C.

Para obtenção dos dados da cinética de congelamento uma amostra de 50 g de polpa foi colocada no freezer acima descrito. A temperatura do freezer foi monitorada por um termopar instalado próximo a polpa. Procedeu-se as leituras em intervalos de 10 min até conseguir a estabilização das temperaturas do freezer e da polpa.

3.2.4.2 - Congelamento por circulação de nitrogênio (-100 °C)

Essa operação foi realizada colocando-se 10 sacos de 50 g de polpa em um Ultra-Kryostat tipo N-180 (Figura 7), calibrado para operar à temperatura de -100 °C. O processo foi aplicado para mais 11 lotes de polpa. A temperatura da polpa foi monitorada por um termopar colocado no centro da embalagem.

Para obtenção dos dados da cinética, a polpa foi colocada no equipamento acima descrito. A leitura de temperatura da polpa foi realizada de 1 em 1 min até se conseguir a estabilização da temperatura fixada no equipamento com a temperatura da polpa em questão.

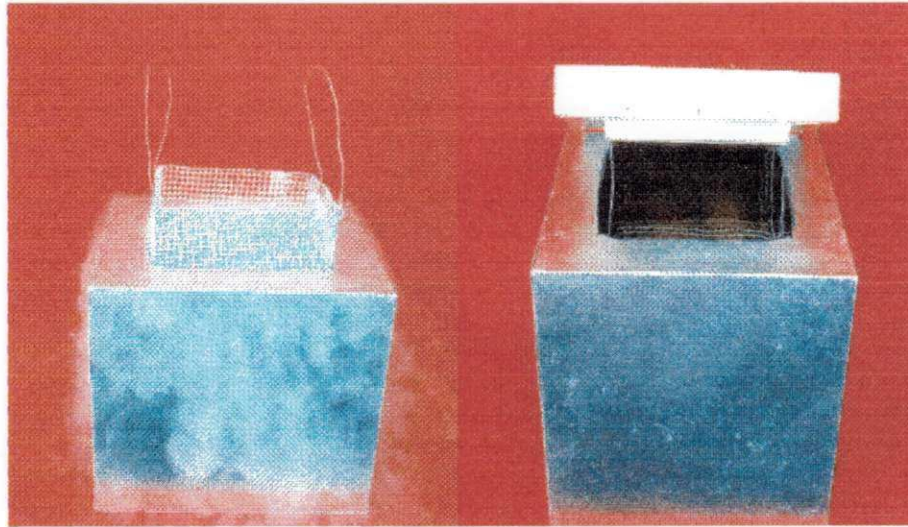


Figura 7 - Ultra-kryostat tipo N-180

3.2.4.3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido (-196 °C).

Essa operação foi realizada colocando-se 10 sacos de 50 g de polpa em uma tela de arame medindo 17,5 cm de comprimento, 17,5 cm de largura e 10 cm de altura e emergindo-as no nitrogênio líquido contido no interior de uma caixa metálica de 18,3 cm de comprimento, 18,3 cm de largura por 19 cm de altura, revestida externamente com isopor de 5,0 cm e uma camada de chapa de alumínio de 0,5 mm (Figura 8). O processo de congelamento durou aproximadamente 2 min. Após os 2 minutos, a cesta foi retirada do nitrogênio líquido e foi levada imediatamente ao freezer, para evitar a ruptura das embalagens. Procedeu-se após 2 minutos o acondicionamento das polpas nas embalagens secundárias. Esta operação foi aplicada para mais 11 lotes.

Para obtenção dos dados da cinética de congelamento, colocou-se uma amostra de 50 g de polpa em um cesto de arame, imergiu-se no nitrogênio líquido contido numa caixa metálica acima descrita. O termopar foi fixado na parede do cesto para que não mudasse de posição. A leitura da polpa foi realizada de 10 em 10 segundos até conseguir a estabilização com a temperatura do nitrogênio líquido (-196 °C).



(A)

(B)

Figura 8 - Caixa utilizada para congelamento por imersão em nitrogênio líquido com tampa e sem nitrogênio (A) e contendo nitrogênio em seu interior (B)

3.2.5 - Tratamentos

Para distinguir os tratamentos foi utilizada a seguinte legenda:

T1 - Polpa de acerola congelada e armazenada a -22,6 °C em freezer horizontal, sendo esse método chamado congelamento convencional.

T2 - Polpa de acerola congelada a -100 °C em Ultra-Kryostat tipo N-180 e armazenada a -22,6 °C em freezer horizontal, método ao qual deu-se o nome de congelamento por circulação de nitrogênio.

T3 - Polpa de acerola congelada por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C e armazenada a -22,6 °C em freezer horizontal, esse método foi chamado de congelamento por imersão em nitrogênio líquido.

3.2.6 - Armazenamento Congelado

As polpas foram armazenadas em freezer horizontal, marca consul 220 L, à temperatura média de -22,6 °C por um período de 6 meses.

3.2.7 - Análises físico-químicas

3.2.7.1 - Ácido ascórbico

Foi determinado pelo método nº 43.605 (A.O.A.C., 1984) modificado por BENASSI (1990), onde substituiu-se o ácido metafosfórico por ácido oxálico.

3.2.7.2 - Acidez total titulável

Segundo método nº 22038 da A.O.A.C. (1984). Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido málico.

3.2.7.3 - Açúcares redutores

Segundo método proposto pela A.O.A.C. (1984). Os resultados foram expressos em porcentagem de glicose (p/p).

3.2.7.4 - Sólidos solúveis (°Brix)

O Brix foi determinado por leitura direta em refratômetro manual da marca ATAGO, colocando-se uma ou duas gotas de polpa já homogeneizada no prisma e obtendo-se a leitura direta em °Brix. Utilizou-se a tabela proposta por CARVALHO *et al.* (1990) para correção do Brix em função da temperatura da amostra.

3.2.7.5 - Cinzas

Segundo método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.2.7.6 - pH

O pH foi determinado em potenciômetro de marca DIGIMED, tipo DMPH-2, previamente calibrado com soluções tampões de pH 7,0 e 4,0.

3.2.7.7 - Umidade

Segundo método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.2.8 - Análise sensorial

Foram realizadas avaliações mensais de aparência, cor, odor e sabor durante um período de 180 dias, com o objetivo de verificar a estabilidade destes atributos sensoriais nos diferentes tratamentos estudados.

Empregou-se o teste de preferência utilizando-se escala hedônica estruturada de 9 pontos (TEIXEIRA *et al.*, 1987). Foram avaliados 3 tratamentos e a equipe de provadores foi constituída por 30 pessoas não treinadas, de ambos os sexos, com idade variando de 19 a 48 anos, geralmente pessoas com atividades na UFPB e com boa acuidade sensorial.

As amostras para avaliação do sabor foram elaboradas com 35 % de polpa, 11,5 % de açúcar e 53 % de água potável, obtendo-se um produto final com 13 °Brix. Os provadores receberam três amostras de 20 ml, colocadas em copos de plástico descartáveis com capacidade de 100 ml, codificados com números de 3 dígitos, e servidas à temperatura de 10 - 15 °C juntamente com água e bolacha água e sal para evitar a interferência do sabor de uma amostra no julgamento de outra (Figura 9). As amostras foram apresentadas simultaneamente em cabines individuais.

Na avaliação da aparência, cor e odor da polpa, as amostras foram colocadas em copos de acrílico (Figura 10) e avaliadas nas mesmas cabines e pelos mesmos provadores que avaliaram o atributo sabor.

As avaliações sensoriais foram realizadas à temperatura ambiente, sempre nos mesmos horários, entre 9 - 12 horas e 14 - 16 horas.

As fichas utilizadas aparecem nos anexos A e B.

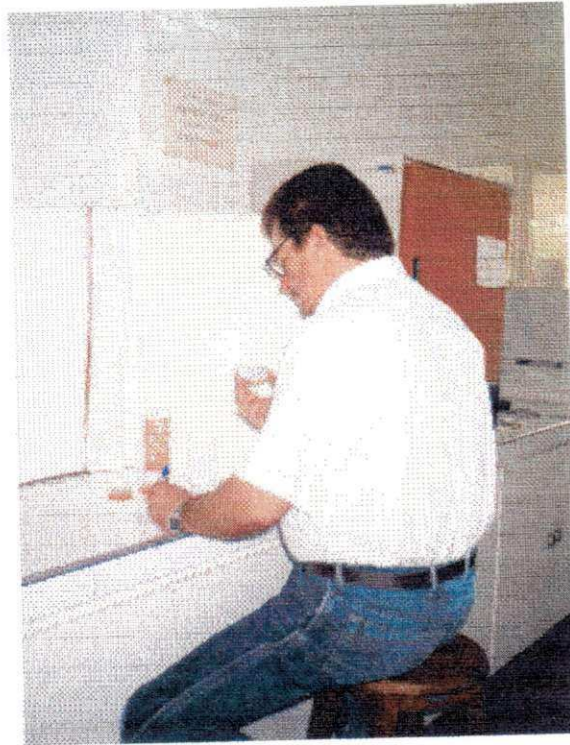


Figura 9 - Provador avaliando o atributo sabor do suco de acerola



Figura 10 - Amostras para avaliação da aparência, cor e odor da polpa de acerola

3.2.9 - Análise Estatística

Todos os resultados foram analisados visando identificar o melhor tratamento no que se refere a conservação das características iniciais do produto. O experimento foi conduzido segundo o delineamento fatorial (dois fatores: tempo, tratamento) inteiramente ao acaso. O fator tempo, com 7 níveis (0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180) funcionou como subfator do fator tratamento com 3 níveis (T1, T2 e T3).

Os resultados foram processados pelo programa ASSISTAT, Versão 6.1, onde obteve-se a análise de variância e a comparação entre médias (teste de Tuckey).

A análise de regressão linear foi realizada utilizando-se o programa MICROCAL ORIGIN 5.0, onde procurou-se a curva que melhor representasse o comportamento de cada tratamento durante o armazenamento.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Características físicas dos frutos

Na Tabela 6 estão apresentadas as medidas físicas feitas em 30 frutos tomados ao acaso, tais como: massa dos frutos, diâmetro maior, diâmetro menor, volume e massa específica. Os valores médios obtidos nessa tabela estão próximos dos valores obtidos por NOGUEIRA (1991) para a variedade Matos Grande. Esse autor considerou 50 frutos e obteve valores médios de 6,16 g; 2,26 cm; 1,87 cm; 6,30 cm³ e 0,99 g/cm³ para massa do fruto, diâmetro maior, diâmetro menor, volume e densidade, respectivamente.

Tabela 6 - Medidas físicas obtidas de 30 frutos de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.), escolhidos ao acaso.

Amostra	Massa (g)	Diâmetro maior (cm)	Diâmetro menor (cm)	Volume (cm ³)	Massa específica (g/cm ³)
01	6,6504	2,39	2,03	7,0021	0,9500
02	7,4555	2,44	1,94	7,7305	0,9644
03	6,9164	2,24	2,14	7,1962	0,9611
04	6,9382	2,50	1,98	7,7335	0,8972
05	7,6565	2,48	2,05	7,9828	0,9591
06	8,7767	2,64	2,37	9,0349	0,9714
07	7,7423	2,51	2,09	7,5840	1,0209
08	7,1267	2,23	2,12	7,9285	0,8988
09	6,9430	2,39	2,13	7,3760	0,9413
10	7,2056	2,45	2,00	7,6890	0,9371
11	7,8033	2,55	2,06	8,5090	0,9171
12	6,2778	2,39	2,02	7,2157	0,8700
13	6,2011	2,43	1,92	6,8987	0,8990
14	8,2286	2,58	2,20	9,0572	0,9078
15	6,4701	2,37	1,95	6,8217	0,9484
16	6,9248	2,50	1,90	7,2363	0,9569
17	6,3565	2,40	1,97	6,5339	0,9728
18	8,1504	2,52	2,30	8,5805	0,9498
19	9,2800	2,73	2,17	9,7880	0,9481
20	6,0497	2,26	2,00	6,3262	0,9563
21	6,8602	2,51	1,95	7,5261	0,9115
22	5,8505	2,37	1,93	6,3896	0,9156
23	5,7139	2,20	1,90	6,1082	0,9354
24	6,7377	2,31	2,00	6,9730	0,9662
25	6,8340	2,41	2,30	7,1621	0,9542
26	9,2424	2,70	2,20	9,8893	0,9346
27	6,2023	2,33	2,06	6,5967	0,9402
28	6,0592	2,36	1,82	6,4046	0,9461

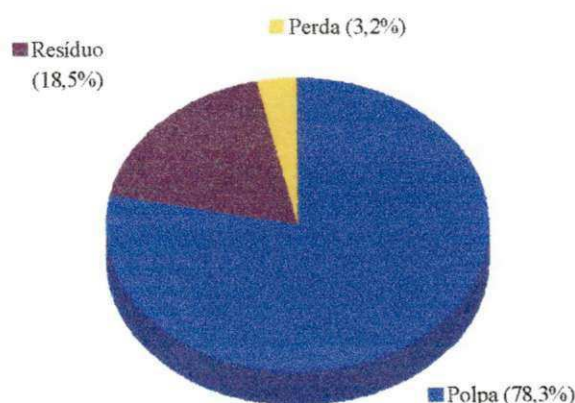
Tabela 6 - Continuação.

29	5,9084	2,31	2,00	6,3507	0,9303
30	7,9489	2,39	2,19	7,3316	1,0842
Média	7,0837	2,43	2,06	7,4985	0,9450
CV%	13,75	5,37	6,44	13,35	4,18

4.2 - Rendimento

Na Figura 11 encontra-se o rendimento de extração da polpa de acerola, o qual foi considerado elevado quando comparado aos resultados obtidos por LEDIN (1948) que verificou um rendimento médio de 60 a 70 % de suco extraível, ASENJO e MOSCOSO (1950) que obtiveram um rendimento médio de 69,6 % para fruto maduro após obter o suco por extração manual, NOGUEIRA (1991) que conseguiu um rendimento médio de 71 % em polpa para três variedades de acerola e QUINTEROS (1995) que encontrou um rendimento médio de 70,2 % de suco extraível. Entretanto está abaixo do valor obtido por MATSUURA (1994) de 83 % de suco integral.

A perda obtida mostrou-se inferior às encontradas por NOGUEIRA (1991) de 13,6 %, 15,1 % e 12,5 % em três diferentes variedades de acerola (UFC, Mt Peq e Mt Gr).

**Figura 11** - Rendimento obtido com a extração da polpa da acerola

4.3 - Cinética do congelamento

Os dados experimentais e calculados da razão de temperatura em função do tempo e da temperatura em função do tempo, para a polpa de acerola congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (congelamento convencional), a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (congelamento por circulação de nitrogênio) e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (congelamento por imersão em nitrogênio líquido), encontram-se no anexo C, nas Tabelas C1, C2 e C3, respectivamente. Nas figuras 12, 13 e 14 são mostradas as curvas de congelamento para cada tratamento baseando-se nos dados das tabelas.

A curva de congelamento da polpa a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 12) mostrou-se muito similar a curva obtida para a água pura, permitindo distinguir claramente os três estágios típicos durante a conversão da água em gelo. Tal similaridade entre curvas deve-se a alta porcentagem de água que contém a polpa de acerola, cuja umidade determinada no experimento foi de 93,3 %. No estágio I, tem-se o resfriamento da polpa compreendendo um período de 1800 segundos, onde a temperatura baixou rapidamente de $24,4$ até $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ver Tabela C1 - Anexo C), iniciando-se a partir daí a cristalização da água (estágio II). No estágio II a mudança de fase ocorre lentamente, compreendendo um período de 6000 segundos, onde a temperatura baixou de $-0,5$ até $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. No estágio III, tem-se o período de pós-congelamento cuja duração foi a mesma do estágio II, a temperatura baixou de $-3,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ até $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A curva de congelamento da polpa por circulação de nitrogênio a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 13), também permite distinguir claramente os três estágios do processo de congelamento. O estágio I prolongou-se por 360 segundos, durante esse período a temperatura baixou de $24,3$ até $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Anexo C - Tab. C2). O estágio II durou aproximadamente 1140 segundos, onde a temperatura baixou de $-0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ até $-15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Anexo C - Tab. C2). O estágio III foi o mais longo deste tratamento, durando 3240 segundos. A temperatura neste estágio baixou de $-15,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $-93,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

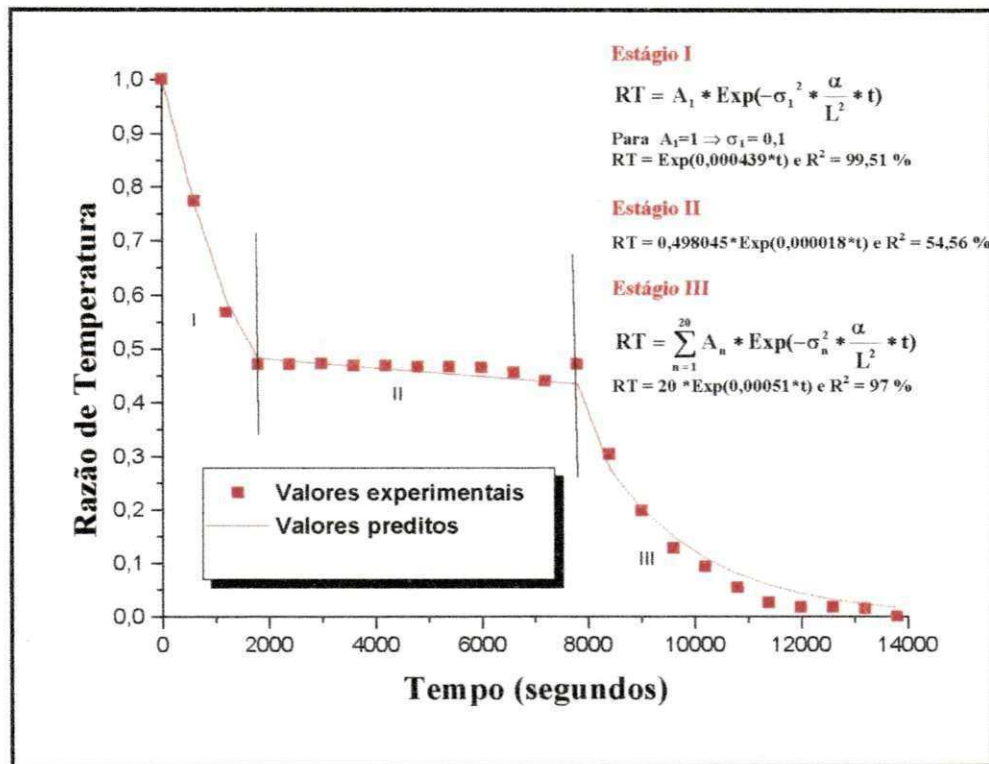


Figura 12 - Curva de congelamento da polpa de acerola a $-22,6 \text{ }^\circ\text{C}$, para uma amostra de 9,98 mm de espessura

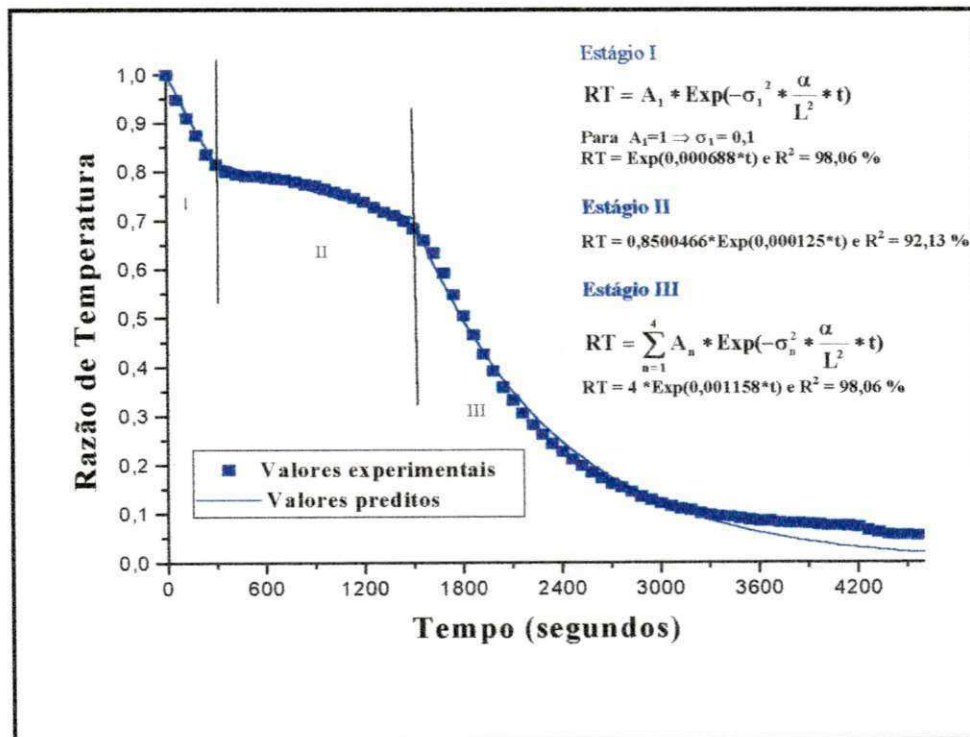


Figura 13 - Curva de congelamento da polpa de acerola, por circulação de nitrogênio a $-100 \text{ }^\circ\text{C}$ para uma amostra de 19,7 mm de espessura

Na curva de congelamento da polpa por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 14), não se distingue com clareza os três períodos típicos devido a maior velocidade de congelamento e um maior gradiente térmico a que está exposto o produto. O estágio I durou 60 s, onde a temperatura baixou de $25,4$ para $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Anexo C - Tab. C3). O estágio II foi mais rápido, durando aproximadamente 30 s, verificando-se uma queda um pouco acentuada de temperatura, ou seja, de $-1,6$ a $-37,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Anexo C - Tab. C3). O estágio III foi mais longo, com duração de 140 s, baixando a temperatura de -37 a $-190,3\text{ }^{\circ}\text{C}$.

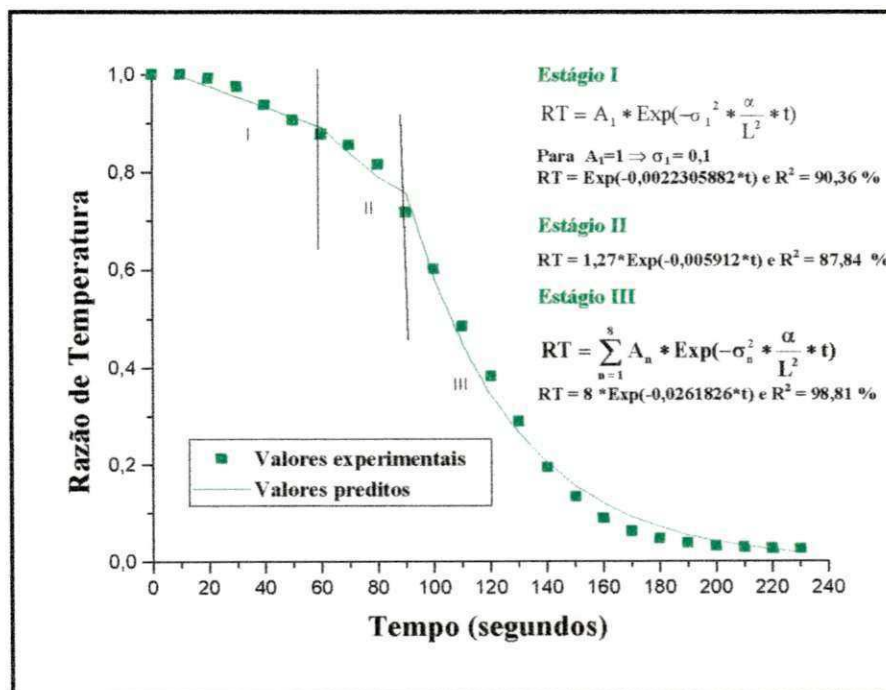


Figura 14 - Curva de congelamento da polpa de acerola, por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ para uma amostra de $9,1\text{ mm}$ de espessura

4.3.1- Difusividade térmica efetiva (α)

Na Tabela 7 são apresentados os valores calculados para os coeficientes de difusão, difusividade efetiva $A1=1$ e difusividade efetiva média para a polpa de acerola submetida a três diferentes métodos de congelamento, em seus respectivos estágios.

No congelamento convencional a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ os coeficientes de difusão para os estágios 1, 2 e 3 foram de $4,39 \times 10^{-4}$, $1,8 \times 10^{-5}$ e $5,1 \times 10^{-4}$, respectivamente e considerando-se os estágios 1 e 3 a difusividade térmica efetiva média da polpa de acerola foi de $1,23\text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Esse valor de difusividade é superior aos de KASAHARA *et al* (1986) que

foi de $0,179 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para polpa de mamão sobre o ponto de congelamento ($-2,4 \text{ }^\circ\text{C}$) e de $0,209 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para polpa de chirimoya abaixo do ponto de congelamento ($-33 \text{ }^\circ\text{C}$).

Para o congelamento por circulação de nitrogênio a $-100 \text{ }^\circ\text{C}$ os coeficientes de difusão nos estágios 1, 2 e 3 foram de $6,88 \times 10^{-4}$, $1,25 \times 10^{-4}$ e $1,158 \times 10^{-3}$, respectivamente e considerando-se os estágios 1 e 3 a difusividade efetiva média da polpa de acerola foi de $10,77 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Este valor de difusividade é bem superior ao obtido no congelamento a $-22,6 \text{ }^\circ\text{C}$, fato justificável devido as diferenças de temperatura estarem próximas de $77 \text{ }^\circ\text{C}$ e segundo CHERNEEVA (1956) a difusividade aumenta com a diminuição da temperatura.

No congelamento por imersão em nitrogênio líquido a $-196 \text{ }^\circ\text{C}$ os coeficientes de difusão para os estágios 1, 2 e 3 foram de $2,23 \times 10^{-3}$, $5,91 \times 10^{-3}$ e $2,618 \times 10^{-2}$, respectivamente e considerando-se os estágios 1 e 3 a difusividade efetiva média da polpa de acerola foi de $24,21 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Este valor de difusividade é $124,8 \%$ maior que do o obtido para a polpa congelada a $-100 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tabela 7 - Valores dos coeficientes de difusão, difusividade efetiva $A_1=1$ e difusividade efetiva média da polpa de acerola nos três estágios de congelamento, quando a polpa é submetida ao congelamento em freezer a $-22,6 \text{ }^\circ\text{C}$, por circulação de nitrogênio a $-100 \text{ }^\circ\text{C}$ e por imersão em nitrogênio líquido a $-196 \text{ }^\circ\text{C}$.

Convencional a $-22,6 \text{ }^\circ\text{C}$				
Estágios *	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão	Difusividade efetiva $A_1=1$	Difusividade efetiva média
1	4,99	$4,39 \times 10^{-4}$	$1,09 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
2	4,99	$1,8 \times 10^{-5}$	-	-
3	4,99	$5,1 \times 10^{-4}$	$1,27 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$1,23 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Circulação de nitrogênio a $-100 \text{ }^\circ\text{C}$				
Estágios *	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão	Difusividade efetiva $A_1=1$	Difusividade efetiva média
1	9,85	$6,88 \times 10^{-4}$	$6,67 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
2	9,85	$1,25 \times 10^{-4}$	-	-
3	9,85	$1,158 \times 10^{-3}$	$11,23 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$10,77 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Imersão em nitrogênio líquido a $-196 \text{ }^\circ\text{C}$				
Estágios *	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão	Difusividade efetiva $A_1=1$	Difusividade efetiva média
1	4,55	$2,23 \times 10^{-3}$	$4,6 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
2	4,55	$5,91 \times 10^{-3}$	-	-
3	4,55	$2,618 \times 10^{-2}$	$54,2 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$39,32 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

* Estágio 1- Resfriamento; Estágio 2 - Cristalização; Estágio 3 - Pós-congelamento

4.4 - Análises físico-químicas da polpa de acerola *in natura*

Na tabela 8 são mostrados os valores médios das análises físico-químicas da polpa de acerola imediatamente após a extração.

Tabela 8 - Características físico-químicas da polpa de acerola "*in natura*"

Determinação	Valor obtido
Ácido ascórbico (mg/100g)	1313,4
Acidez titulável (% ácido málico)	1,09
Açúcares redutores (%glicose)	3,19
Sólidos solúveis (^o Brix)	5,75
pH	3,16
Cinzas (%)	0,38
Umidade (% b.u)	93,10

Os valores de ácido ascórbico, acidez titulável, açúcares redutores, sólidos solúveis e pH serão discutidos conjuntamente com os valores da polpa congelada, de modo a verificar-se as mudanças que ocorreram durante os 180 dias armazenamento a -22,6 °C.

Quanto ao teor de cinzas, o valor obtido de 0,38 % de cinzas estão próximos aos valores de 0,36 % a 0,41 % encontrados por NOGUEIRA (1991); de 0,39 % obtido por MATSUURA (1994) e de 0,36 % encontrado por OLIVA (1995).

O teor de umidade de 93,10 % base úmida (b.u) encontrado na polpa de acerola estão bem próximos ao obtido por NOGUEIRA (1991) que variou de 89,09 - 92,50 % base úmida; aos de FIGUERÊDO (1998) que foi de 92,9 % b.u; e aos de OLIVA (1995) que foi de 92,34 % b.u.

4.5 - Análises físico-químicas da polpa de acerola ao longo do armazenamento

4.5.1 - Ácido ascórbico

O teor médio de ácido ascórbico encontrado na polpa imediatamente após o processamento, 1.313,4 mg/100g, é inferior ao valor de 2.644 mg/100g encontrados por OLIVA (1995) e superior ao valor de 745 mg/100g encontrado por FIGUEIRÊDO (1998).

Verificou-se por meio da análise de variância (Anexo D) diferenças significativas ao nível de 1 % de probabilidade entre os tratamentos, período de tempo e na interação tratamento x períodos de tempo. Aplicando-se o teste de Tuckey ao nível de 5 % de

significância (Tabelas 9 e 10), verificou-se que o método de congelamento por imersão em nitrogênio líquido possui uma média de vitamina C 1.233,14 mg/100g estatisticamente superior àquela obtida pelo método de congelamento convencional a -22,6 °C que foi de 1.205,74 e ao método de congelamento a -100 °C que foi de 1.203,36 mg/100g. Os valores médios entre tratamentos foram estatisticamente diferentes para todos os períodos durante a armazenagem.

Quanto às oscilações do ácido ascórbico que podem ocorrer ao longo do tempo, verifica-se na Tabela 10 que com o método de congelamento a -22,6 °C, ocorreu uma redução significativa, com perdas de 7,03 % de ácido ascórbico do período de zero a 180 dias. TIBA (1996) também encontrou perdas de ácido ascórbico em polpa de caqui sem tratamento térmico ou químico e armazenada a -18 °C durante 180 dias.

Nas polpas de acerola submetidas ao método de congelamento inicial a -100 °C (T2) e armazenada a -22,6 °C, observou-se que ocorrem diferenças significativas, porém aos 180 dias de armazenagem obtém-se níveis de ácido ascórbico que não diferem estatisticamente aos do período inicial, implicando daí numa tendência de estabilidade. Este fato pode ser também observado na Figura 15. Resultados semelhantes foram obtidos por NOGUEIRA (1991) em polpa de acerola preservada por alta e baixa temperatura.

Na figura 15 observa-se que no tratamento T1 ocorreu um leve declínio dos valores ao longo do armazenamento, enquanto que os tratamentos T2 e T3 permaneceram mais estáveis.

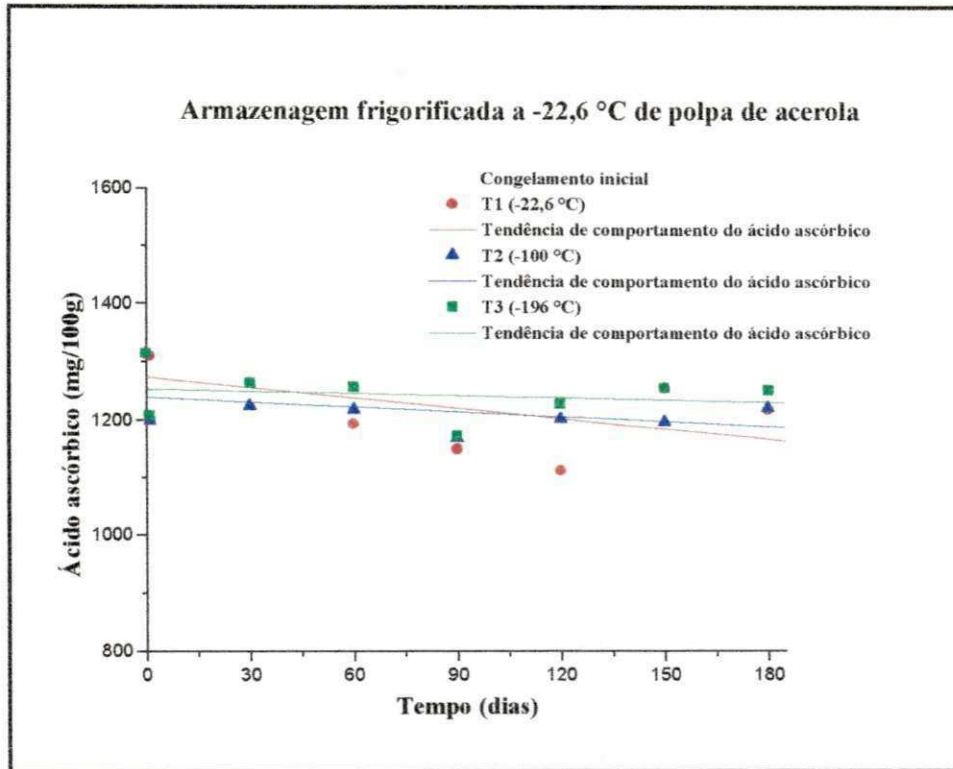


Figura 15 - Variação do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 9 - Comparação entre as médias de ácido ascórbico (mg/100g) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 1205,7426 b	0	1238,5195 ab
T2 1203,3608 b	30	1249,9596 a
T3 1233,1420 a	60	1222,0564 c
	90	1163,0718 e
	120	1180,1499 d
	150	1215,5408 c
	180	1229,2744 bc

DM1 = 7,8475

DM2 = 15,2833

MG = 1214,0819

CV% = 0,8625

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 10 - Valores de ácido ascórbico (mg/100g) para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5%.

Trat	<u>Ácido ascórbico (mg/100g)</u>						
	<u>Tempo (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
T1	a 1309,41 A	a 1263,49 B	c 1192,81 C	b 1149,12 D	c 1111,65 E	b 1196,35 C	b 1217,37 C
T2	b 1198,01 AB	b 1223,43 A	b 1217,02 AB	ab 1168,16 C	b 1201,01 AB	b 1195,69 B	b 1220,21 AB
T3	b 1208,14 C	a 1262,96 A	a 1256,34 A	a 1171,93 D	a 1227,79 BC	a 1254,58 A	a 1250,34 AB

Observação: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.

Médias de 3 repetições

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; T3 - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 20,76 (letras minúsculas)

DMS/linha = 26,46 (letras maiúsculas)

4.5.2 - Acidez titulável

O resultado de acidez titulável obtido para a polpa de acerola logo após o processamento foi em média 1,09 % de ácido málico, sendo inferior ao encontrado por NOGUEIRA (1991) que foi de 1,24 a 1,49 %, porém comparável aos valores obtidos por OLIVA (1995) e FIGUEIRÊDO (1998) que foi de 1,16 % e 1,07 %, respectivamente.

A variação da acidez titulável para os três métodos de congelamento inicial e armazenagem por 180 dias à -22,6 °C ficou entre 1,06 e 1,22 % de ácido málico, aproximando-se dos resultados obtidos por NOGUEIRA (1991) que foi de 1,11 e 1,23 % em polpa congelada de acerola e inferiores aos valores 0,78 e 0,89 % obtidos por MATSUURA (1994).

Pela análise de variância (Anexo E), verificou-se diferenças significativas ao nível de 1 % entre os tratamentos, períodos de tempo e na interação tratamento x período de tempo.

Analisando-se a Tabela 11 é possível observar que existem diferenças significativas entre os tratamentos ao nível de 5 % de probabilidade. O método de congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C e o método de congelamento por circulação de nitrogênio líquido a -100 °C apresentam médias estatisticamente iguais entre si 1,1570 e 1,1634 % de ácido málico, respectivamente, porém estatisticamente superiores àquela obtida pelo método de congelamento convencional a -22,6 °C que apresentou média de 1,1440.

Analisando-se a Tabela 12 nota-se que a acidez da polpa de acerola no tratamento T1 decresce até 90 dias de armazenados a -22,6 °C e nos tratamentos T2 e T3 este decréscimo da acidez da polpa se verifica até os 60 dias quando, a partir desse períodos, tendem a se estabilizar.

Na Figura 16 estão as tendências de comportamento da acidez em todos os tratamentos. Estes resultados estão de acordo com os de NOGUEIRA (1991) que também encontrou variações de acidez em polpa de acerola congelada.

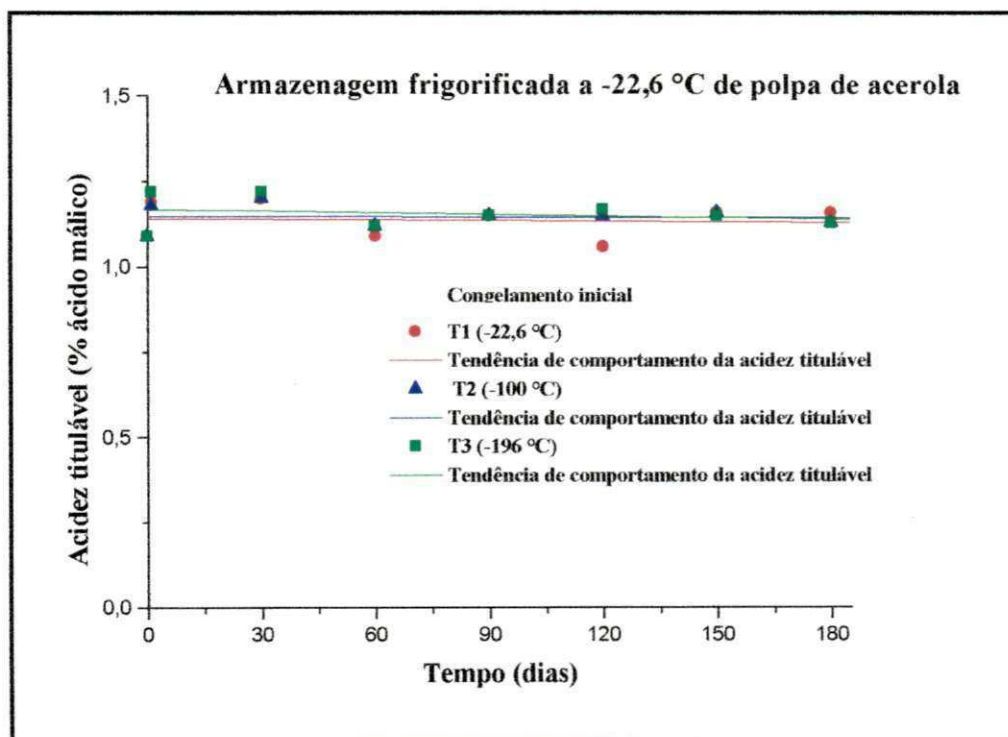


Figura 16 - Variação da acidez titulável (% de ácido málico) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 11 - Comparação entre as médias de acidez titulável (% de ácido málico) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 1,1440 b	0	1,1935 a
T2 1,1570 a	30	1,2063 a
T3 1,1634 b	60	1,1082 d
	90	1,1494 bc
	120	1,1280 cd
	150	1,1545 b
	180	1,1434 bc
DM1 = 0,0122		DM2 = 0,0237
MG = 1,1548		CV% = 1,4072

Observação : As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 12 – Valores da acidez titulável (% ácido málico) para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %

Trat.	<u>Acidez titulável (% ácido málico)</u>						
	<u>Tempo (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
T1	ab 1,19 AB	a 1,20 A	a 1,09 D	a 1,15 C	b 1,06 D	a 1,16 BC	a 1,16 BC
T2	b 1,18 AB	a 1,20 A	a 1,12 C	a 1,15 BC	a 1,15 BC	a 1,16 BC	a 1,13 C
T3	a 1,22 A	a 1,22 A	a 1,12 C	a 1,15 BC	a 1,17 B	a 1,15 BC	a 1,13 BC

Observação: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.
Médias de 3 repetições

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; **T2** - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; **T3** - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 0,03 (letras minúsculas)

DMS/linha = 0,04 (letras maiúsculas)

4.5.3 - Açúcares redutores

A quantidade de açúcares redutores encontrado na polpa de acerola, imediatamente após o processamento, foi 3,19 %, estando próximos aos valores obtidos por NOGUEIRA (1991) de 2,84 a 3,94 %, mas superiores aos valores encontrados por OLIVA (1995) e FIGUEIRÊDO (1998) que foi de 2,5 % e 1,89 %, respectivamente.

Na análise de variância (Anexo E) constatou-se diferenças significativas entre os tratamentos, período de tempo e interação tratamento x período de tempo.

Na Tabela 13 é possível constatar que, as médias obtidas para açúcares redutores da polpa congelada a -22,6 °C (T1), a -100 °C e a -196 °C (T3) diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tuckey. Ao longo do armazenamento observa-se oscilação significativa nos tratamentos T1 e T2, porém aos 180 dias atingiram níveis de açúcares redutores semelhantes aos iniciais. No tratamento T3 ocorreu uma redução significativa ao final de 180 dias de armazenamento (Tabela 14).

Observa-se na Figura 17 que nos tratamentos T1 e T2 tendem a fazer com que os açúcares redutores se mantêm em um nível mais estável, enquanto que o tratamento T3 apresentou um leve declínio. Este resultado obtido no tratamento T3 diverge dos resultados de MATSUURA (1994) que não encontrou variações de açúcares redutores em suco integral concentrado de acerola armazenado por 180 dias.

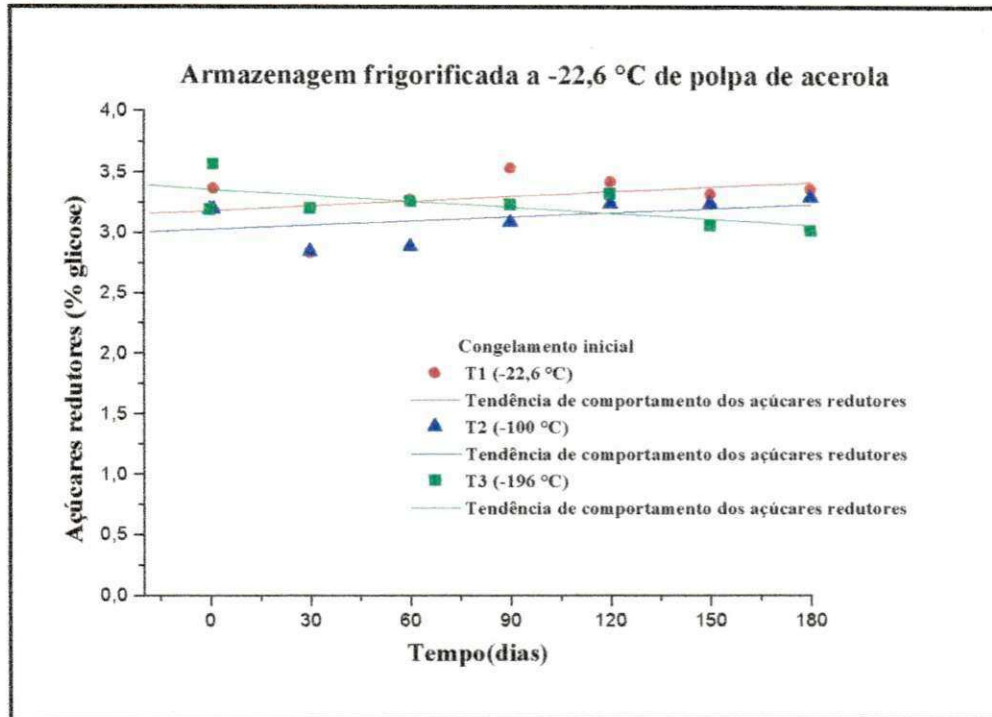


Figura 17 - Variação dos açúcares redutores (% glicose) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 13 - Comparação entre as médias de açúcares redutores (% glicose) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 3,3004 a	0	3,3707 a
T2 3,1097 c	30	2,9584 e
T3 3,2353 b	60	3,1371 d
	90	3,2823 abc
	120	3,3256 ab
	150	3,2096 cd
	180	3,2221 bcd

DM1 = 0,0533

DM2 = 0,1037

MG = 3,2151

CV% = 2,2104

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 14 - Valores de açúcares redutores (%glicose) para a interação tratamento x tempo e resultados de teste de Tuckey ao nível de 5 %.

<u>Açúcares redutores (% glicose)</u>													
<u>Tempo (dias)</u>													
Trat.	0	30	60	90	120	150	180						
T1	b 3,36 AB	b 2,83 C	a 3,27 B	a 3,53 A	a 3,42 AB	a 3,32 B	a 3,36 AB						
T2	c 3,19 AB	b 2,84 C	b 2,88 C	c 3,08 B	b 3,24 AB	a 3,24 AB	a 3,29 A						
T3	a 3,56 A	a 3,20 BC	a 3,26 B	b 3,23 BC	ab 3,32 B	b 3,06 CD	b 3,02	D					

Observação : As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.

Médias de 3 repetições

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; **T2** - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; **T3** - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 0,14 (letras minúsculas)

DMS/linha = 0,18 (letras maiúsculas)

4.5.4 - Sólidos solúveis (°Brix)

O valor médio de sólidos solúveis encontrado na polpa, imediatamente após o processamento, foi de 5,75 °Brix, sendo inferior aos valores encontrados por MATSUURA (1994) e QUINTEROS (1995) que foi de 7,2 °Brix e 8,3 °Brix, porém comparável ao valor obtido por FIGUEIRÊDO (1998) que foi de 5,4 °Brix.

Na polpa congelada de acerola, o teor de sólidos solúveis variou entre 5,35 % e 5,81 %; 5,47 % e 5,97 %; 5,40 % e 5,86 % para os tratamentos com o congelamento inicial de -22,6 °C (T1), a -100 °C (T2) e a -196 °C (T3), respectivamente.

A análise de variância (Anexo F) demonstrou diferença significativa ao nível de 1 % entre os tratamentos, períodos de tempo e interação tratamento x período de tempo. Na Tabela 16 constata-se que as médias obtidas de sólidos solúveis da polpa de acerola, quando congeladas a -22,6 °C (T1), a -100 °C e a -196 °C, foram estatisticamente diferentes entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey.

Ao longo do período de armazenamento, o teor de sólidos solúveis da polpa de acerola no tratamento 1, tende a diminuir enquanto que nos tratamentos 2 e 3 se mantém com o teor de sólidos solúveis estável no período de 30 a 180 dias de armazenamento a -22,6 °C (Tabela 16). Esta tendência difere da encontrada por NOGUEIRA (1991) em polpa de acerola e MATSUURA (1994) em suco de acerola. Tendência semelhante foi verificada por TIBA (1996) em polpa de caqui pasteurizada e armazenada a -18 °C.

Na Figura 18 observa-se que os tratamentos T1 e T3 apresentaram uma leve tendência de diminuição dos seus valores, enquanto que o tratamento T2 teve seus valores aumentados.

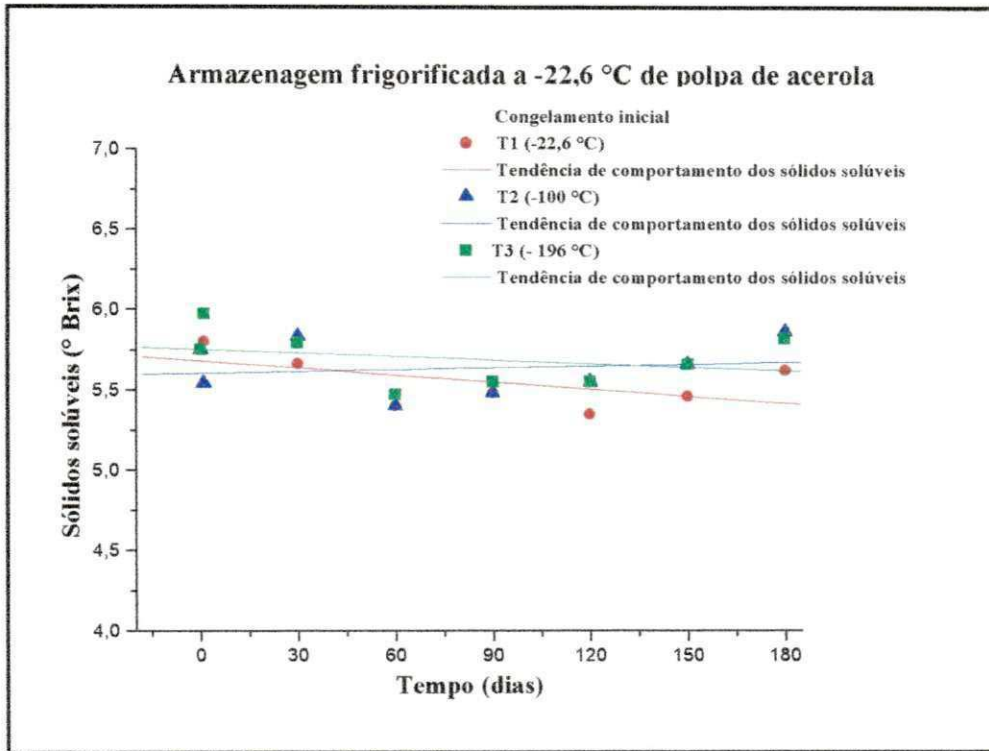


Figura 18 - Variação de sólidos solúveis (°Brix) da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 15 - Comparação entre as médias de sólidos solúveis (°Brix) para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 5,5405 c	0	5,7722 a
T2 5,6186 b	30	5,7622 a
T3 5,6876 a	60	5,4256 c
	90	5,5056 bc
	120	5,4833 c
	150	5,5933 b
	180	5,7667 a

DM1 = 0,0500

DM2 = 0,0974

MG = 5,6156

CV% = 1,1883

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 16 - Valores de sólidos solúveis (°Brix) para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %.

Trat.	<u>Sólidos solúveis (°Brix)</u>													
	<u>Tempo (dias)</u>													
	0	30	60	90	120	150	180	0	30	60	90	120	150	180
T1	b	5,81 A	b	5,66 AB	a	5,40 D	a	5,48 CD	b	5,35 D	b	5,46 CD	b	5,62 BC
T2	c	5,54 BC	a	5,83 A	a	5,40 C	a	5,48 C	a	5,55 BC	a	5,66 B	a	5,86 A
T3	a	5,97 A	a	5,79 B	a	5,47 D	a	5,55 CD	a	5,55 CD	a	5,66 BC	a	5,82 AB

Observação: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.

Médias de 3 repetições

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; T3 - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 0,13 (letras minúsculas)

DMS/linha = 0,17 (letras maiúsculas)

4.5.5 - pH

O valor médio de pH obtido na polpa de acerola, imediatamente após o processamento, foi 3,16, inferior aos resultados encontrados por OLIVA (1995) e FIGUEIRÊDO (1998) que foi de 3,6 e 3,5 respectivamente, porém comparável ao valor de 3,1 obtido por QUINTEROS (1995).

A análise de variância (Anexo G), demonstrou diferenças significativas ao nível de 1 % entre os tratamentos, períodos tempo e interação tratamento x período de tempo. Na Tabela 17 nota-se que o congelamento a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T1) e a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentaram valores estatisticamente iguais entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tuckey, porém superiores à média obtida para o congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ao longo do armazenamento, observa-se que todos os tratamentos demonstraram redução no pH em quase todos os meses, o que pode ser confirmado pela Figura 19. Para o congelamento convencional os valores de pH variaram no início do armazenamento de 3,36 a 2,87 no final. Nas amostras congeladas a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ o pH variou de 3,22 no início para 2,91 no final do armazenamento e com o método de congelamento por imersão a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, o pH variou de 3,26 no início para 2,94 no final do armazenamento.

Estes resultados divergem dos obtidos por NOGUEIRA (1991) em polpa de acerola e MATSUURA (1994) em suco, pois ambos não verificaram variações significativas de pH durante o armazenamento. Porém resultados semelhantes foram verificados por TIBA (1996), que encontrou variações significativas de pH em polpa de caqui, sem tratamento térmico ou químico, armazenada a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 180 dias.

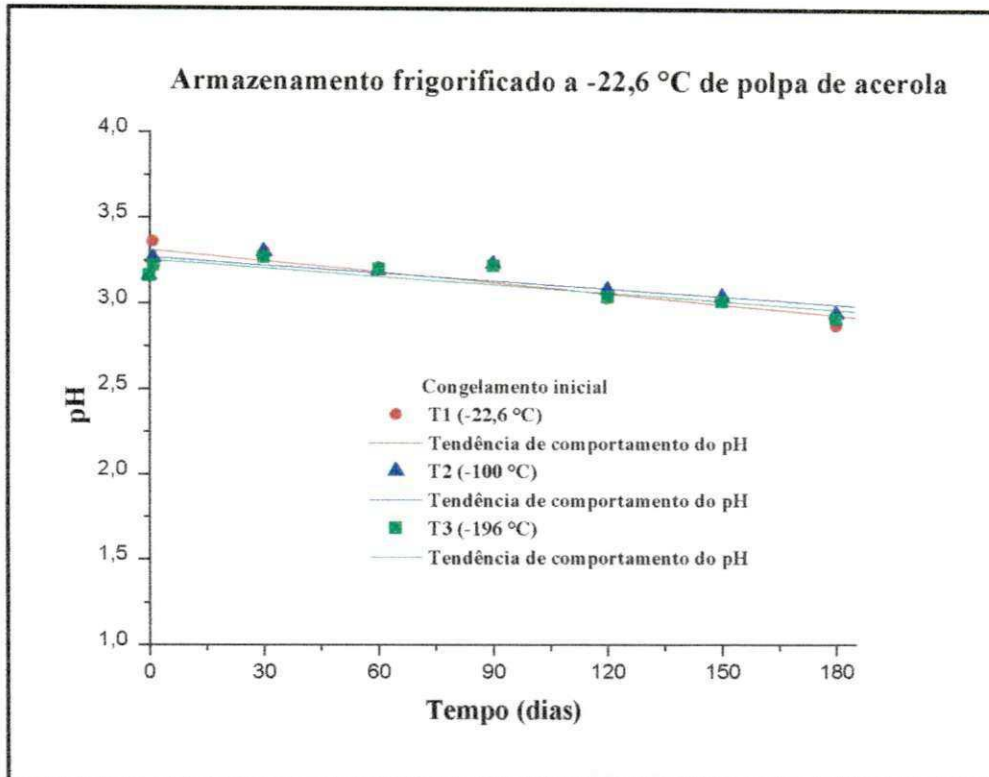


Figura 19 - Variação de pH da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 17 - Comparação entre as médias de pH para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 3,1448 a	0	3,2811 a
T2 3,1486 a	30	3,2922 a
T3 3,1248 b	60	3,2000 c
	90	3,2222 b
	120	3,0489 d
	150	3,0244 e
	180	2,9067 f

DM1 = 0,0075

DM2 = 0,0147

MG = 3,1394

CV% = 0,3205

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 18 - Valores de pH para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %.

Trat.	<u>pH</u>																				
	<u>Tempo (dias)</u>																				
	0	30	60	90	120	150	180														
T₁	a	3,36	A	a	3,30	B	a	3,21	C	a	3,22	C	b	3,03	D	ab	3,02	D	c	2,87	E
T₂	b	3,26	B	a	3,30	A	a	3,19	C	a	3,23	B	a	3,08	D	a	3,04	E	a	2,94	F
T₃	c	3,22	B	b	3,27	A	a	3,20	B	a	3,22	B	b	3,04	C	b	3,01	C	b	2,91	D

Observação: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.
Médias de 3 repetições

T₁ - Congelamento convencional a -22,6 °C; **T₂** - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; **T₃** - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 0,02 (letras minúsculas)

DMS/linha = 0,03 (letras maiúsculas)

4.6 - Análise Sensorial

4.6.1 - Aparência

O valor médio atribuído para a aparência da polpa imediatamente após o processamento foi 8,03, correspondente a "gostei muito".

Na polpa congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T1), obteve-se valores de 7,07 a 7,37 na escala hedônica de 1 a 9, correspondentes a "gostei regularmente" aos 0, 30, 60, 90 e 150 dias e valores de 5,93 que corresponde a "gostei ligeiramente" aos 120 dias de armazenamento. Na polpa congelada a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T2) obteve-se valores para aparência correspondentes a "gostei regularmente", médias de 7,17 a 7,47 aos 0, 30, 90, 150 dias. Aos 60, 120 e 180 dias de armazenamento obteve-se médias de 7,60 a 7,83 correspondentes a "gostei muito". Para a polpa congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T3), obteve-se valores de 8,20 e 8,27 correspondentes a "gostei muito" aos 0 e 90 dias de armazenamento, respectivamente. Aos 30 dias obteve-se um valor de 6,97, correspondente a "gostei ligeiramente" e aos 60, 120, 150 e 180 dias de armazenamento, obteve-se valores de 7,63 a 7,80, que correspondem a "gostei regularmente".

Pela análise de variância (Anexo I) observou-se diferença significativa ao nível de 1 % entre os tratamentos e na interação tratamentos x período de tempo. Aplicando-se o teste de Tuckey a 5 % de significância (Tabelas 19 e 20) verifica-se que as médias entre tratamentos diferiram estatisticamente apenas aos 90 e 120 dias de armazenamento. Para os tratamentos T2 e T3 obteve-se médias gerais estatisticamente semelhantes entre si, porém superiores à média obtida para o tratamento T1.

Em relação à interação tratamento x período de tempo (Tabela 20), observou-se que todos os tratamentos apresentaram aparência estável, embora que no tratamento T1 ocorreu uma variação aos 120 dias e no T3 aos 30 dias. Nos tratamentos T2 e T3 não ocorreram variações significativas para nenhum dos valores ao longo do armazenamento, enquanto que para o tratamento (T3) ocorreu variação significativa apenas aos 30 dias em relação ao tempo zero.

Na Figura 20, observa-se que no tratamento T1 houve um leve declínio dos valores ao longo do armazenamento, enquanto que os tratamentos T2 e T3 apresentaram-se estáveis.

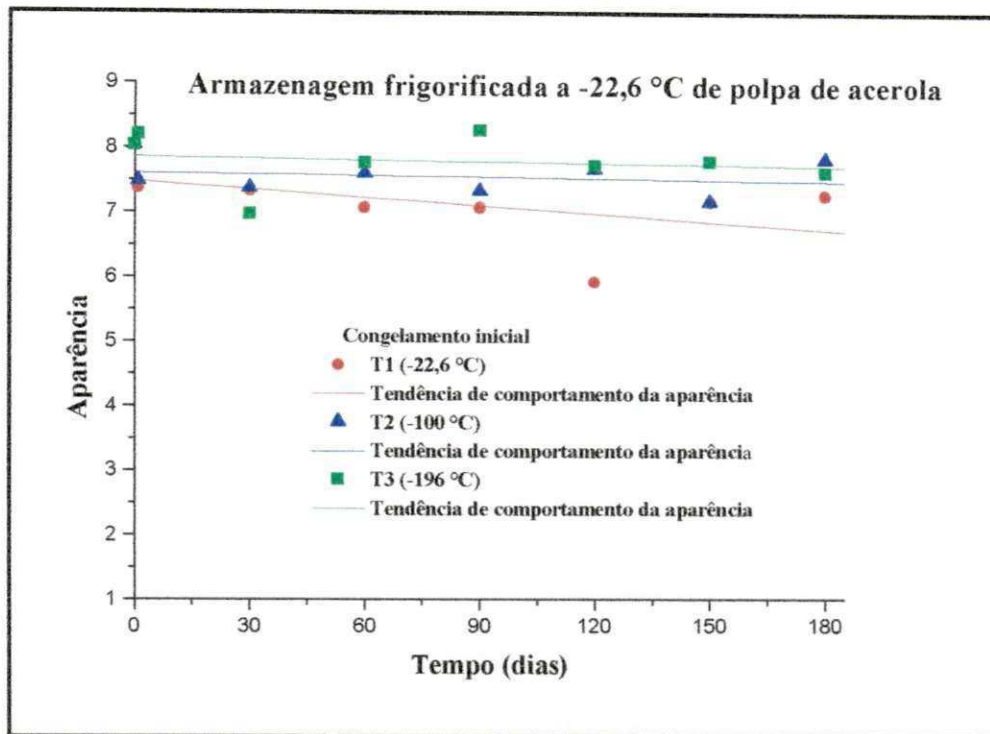


Figura 20 - Variação de aparência da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 19 - Comparação entre as médias da aparência para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 7,0286 b	0	7,6778 a
T2 7,4905 a	30	7,2222 a
T3 7,7667 a	60	7,4778 a
	90	7,5556 a
	120	7,1111 a
	150	7,3778 a
	180	7,5778 a

DM1 = 0,3241

DM2 = 0,6229

MG = 7,4286

CV% = 18,9843

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 20 – Valores da aparência para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %.

Trat.	<u>Aparência</u>						
	<u>Tempo (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
T1	a 7,37 A	a 7,33 A	a 7,07 A	b 7,07 A	b 5,93 B	a 7,17 A	a 7,27 A
T2	a 7,47 A	a 7,37 A	a 7,60 A	b 7,33 A	a 7,67 A	a 7,17 A	a 7,83 A
T3	a 8,20 A	a 6,97 B	a 7,77 AB	a 8,27 A	a 7,73 AB	a 7,8 AB	a 7,63 AB

Observação: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.

Médias de 30 repetições

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; **T2** - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; **T3** - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 0,86 (letras minúsculas)

DMS/linha = 1,08 (letras maiúsculas)

4.6.2 - Cor

A nota média atribuída para a cor da polpa, imediatamente após o processamento, foi 7,97, correspondente a "gostei muito".

Na polpa congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T1), obteve-se valores de 6,73 a 7,47 correspondentes a "gostei regularmente" aos 0, 60 e 120 dias e 7,53 a 7,87 correspondente a "gostei muito" aos 30, 90, 150 e 180 dias. Nas polpas congeladas a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T2), obteve-se valores de 7,67 a 7,87 correspondentes a "gostei muito" aos 0, 30, 90, 60, 120 e 180 dias e "gostei regularmente" aos 150 dias de armazenamento. Para a polpa congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T3), obteve-se valores de 7,57 a 8,20 correspondentes a "gostei muito" aos 0, 30, 60, 120, 150 e 180 dias de armazenamento e de 8,53 "gostei muitíssimo" aos 90 dias de armazenamento.

Observando-se a análise de variância (Anexo J) verifica-se diferenças significativas ao nível de 1 % de probabilidade entre os tratamentos e entre períodos de tempo, não verificando-se para a interação tratamentos x período de tempo. Com a aplicação do teste de Tuckey ao nível de 5 % de significância (Tabelas 21 e 22) observa-se que as médias entre tratamentos diferiram estatisticamente apenas aos 120 dias de armazenamento. Para o tratamento T3, encontrou-se uma média geral, estatisticamente superior as médias obtidas para os tratamentos T1 e T2, respectivamente.

Na Figura 21 verifica-se uma leve tendência de redução dos valores da cor nos tratamentos T1 e T2, enquanto que o tratamento T3 houve uma tendência geral de estabilidade.

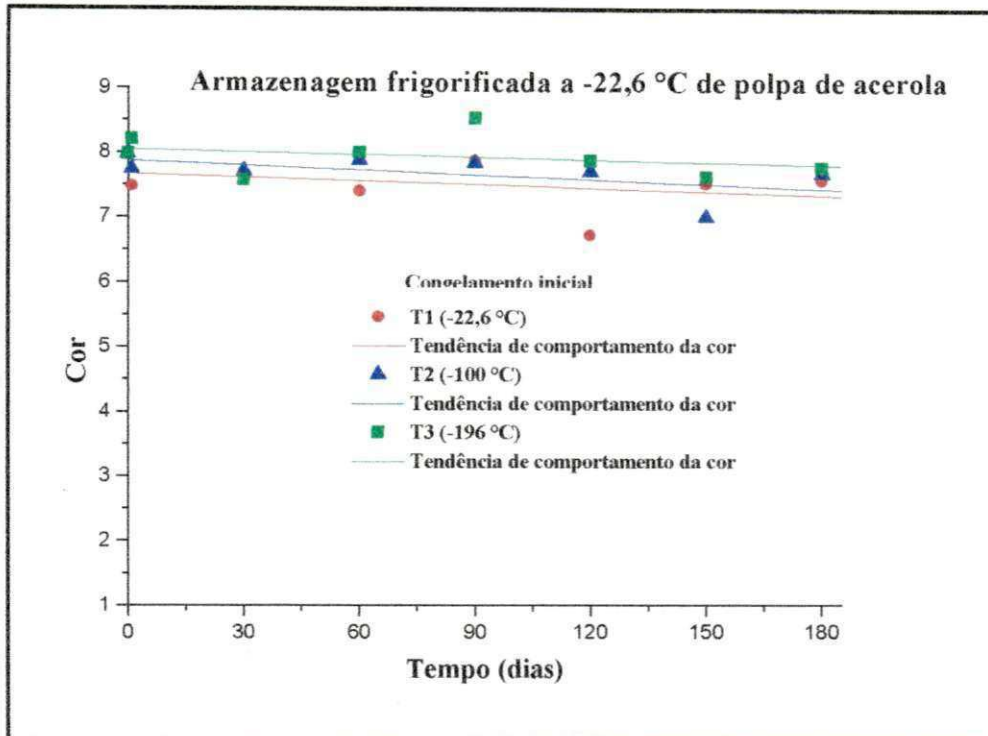


Figura 21 - Variação de cor da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 21 - Comparação entre as médias da cor para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 7,4619 b	0	7,8000 ab
T2 7,6429 b	30	7,6444 ab
T3 7,9381 a	60	7,7556 ab
	90	8,0778 a
	120	7,4333 b
	150	7,3889 b
	180	7,6667 ab

DM1 = 0,2790

DM2 = 0,5362

MG = 7,6810

CV% = 15,8067

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 22 – Valores da cor para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %.

Trat.	<u>Cor</u>						
	<u>Tempo (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
T1	a 7,47 AB	a 7,67 A	a 7,40 AB	a 7,87 A	b 6,73 B	a 7,53 AB	a 7,57 AB
T2	a 7,73 A	a 7,70 A	a 7,87 A	a 7,83 A	a 7,70 A	a 7,00 A	a 7,67 A
T3	a 8,20 AB	a 7,57 B	a 8,00 AB	a 8,53 A	a 7,87 AB	a 7,63 AB	a 7,77 AB

Observação: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.

Médias de 30 repetições

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; **T2** - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; **T3** - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 0,74 (letras minúsculas)

DMS/linha = 0,93 (letras maiúsculas)

4.6.3 - Odor

O valor médio atribuído para o odor da polpa imediatamente após o congelamento foi 8,03, correspondente a "gostei muito".

A análise de variância (Anexo L) mostrou não haver diferenças significativas no atributo odor entre tratamentos, períodos de tempo e interação tratamento x período de tempo. Este fato pode ser melhor observado na Figura 22.

Os valores médios atribuídas nos períodos de 0 e 180 foram para o T1 de 7,27 e 7,50, para T2 7,53 e 7,23 e para T3 de 7,83 e 7,20. As médias gerais obtidas para os tratamentos estão na Tabela 23.

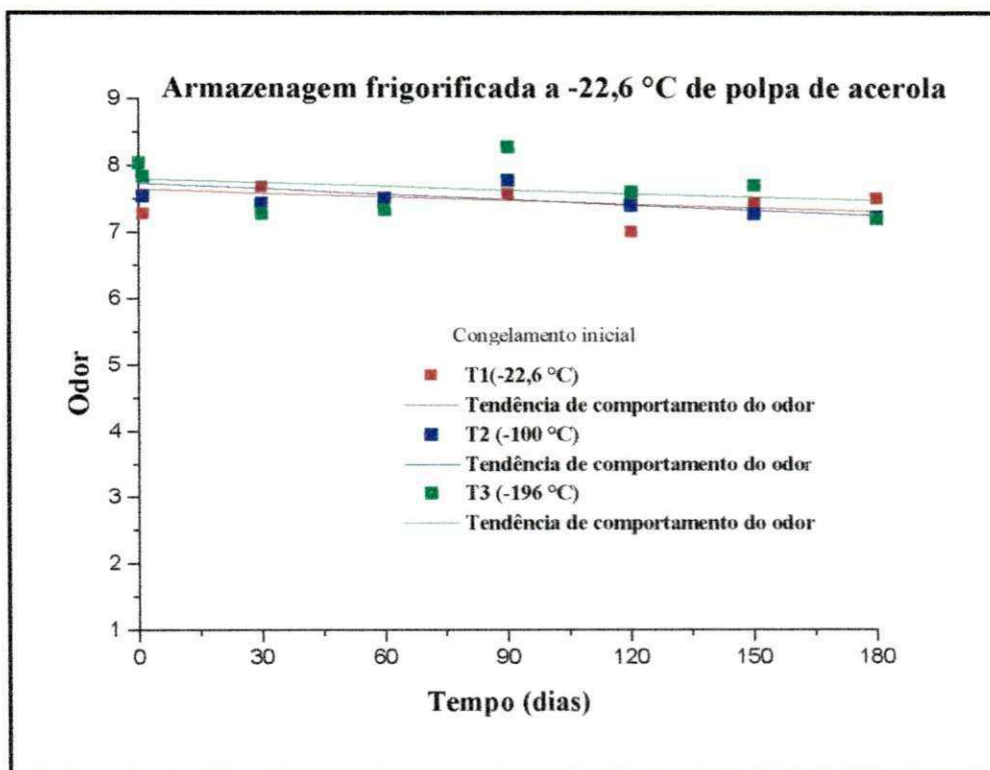


Figura 22 - Variação de odor da polpa de acerola submetida a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6 °C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 23 - Comparação entre as médias do odor para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 7,4190 a	0	7,5444 a
T2 7,4476 a	30	7,4556 a
T3 7,6000 a	60	7,4444 a
	90	7,8667 a
	120	7,3333 a
	150	7,4667 a
	180	7,3111 a

DM1 = 0,3110

DM2 = 0,5977

MG = 7,4889

CV% = 18,0702

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

4.6.4 - Sabor

O valor médio atribuído para o sabor da polpa, imediatamente após o processamento, foi 8,07, correspondente a "gostei muito".

Para a polpa congelada, obteve-se com o tratamento T1 (congelamento inicial a -22,6 °C) aos 30 dias de 7,13, correspondente ao conceito "gostei regularmente", e valores de 7,60 a 8,07, correspondentes a "gostei muito" aos 0, 60, 90, 120, 150 e 180 dias de armazenamento. Para o tratamento T2 (congelamento a -100 °C), obteve-se valores de 7,70 a 7,93, correspondentes a "gostei muito" aos 0, 60 e 90 dias e valores de 7,13 a 7,47, correspondentes a "gostei regularmente" aos 30, 120, 150 e 180 dias de armazenamento. Para T3, obteve-se valores de 7,57 a 8,23 correspondentes a "gostei muito" aos 0, 30, 60, 90 e 150 dias de armazenamento e valores de 7,43 e 7,10, correspondentes a "gostei regularmente" aos 120 e 180 dias de armazenamento.

A análise de variância (Anexo M) demonstrou não haver diferenças significativas no sabor entre tratamentos e interação tratamento x período de tempo, mostrando-se significativo ao nível de 1 % entre períodos de tempo.

Com a aplicação do teste de Tuckey, a 5 % de significância (Tabelas 24 e 25), observou-se que no tratamento T1 e T2 não ocorrem variações significativas para nenhum dos valores ao longo do armazenamento, enquanto que no tratamento T3 ocorreu uma variação significativa apenas aos 180 dias em relação ao tempo zero.

Na Figura 23 observa-se que os tratamentos T2 e T3 apresentaram um leve declínio dos seus valores, enquanto que no tratamento T1 os valores permaneceram estáveis ao longo do armazenamento.

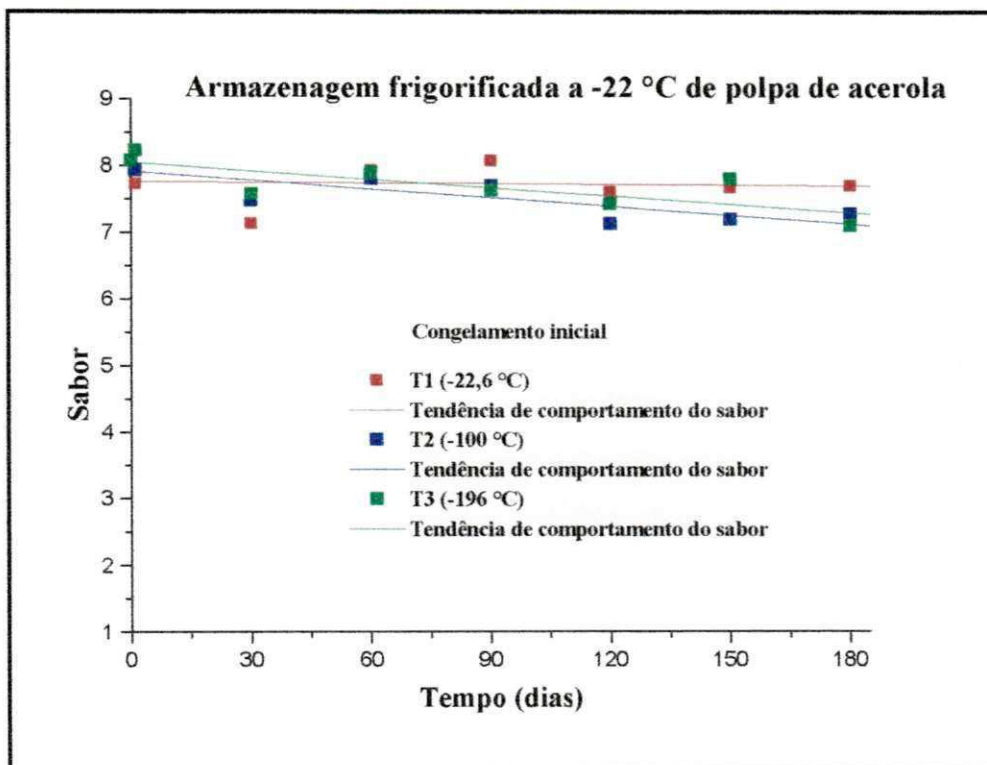


Figura 23 - Variação de sabor da polpa de acerola a três métodos de congelamento inicial (convencional em freezer a -22,6°C, por circulação de nitrogênio a -100 °C e por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C) e armazenadas por 180 dias a -22,6 °C

Tabela 24 - Comparação entre as médias do sabor para as diferentes técnicas de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
T1 7,6905 a	0	7,9667 a
T2 7,5000 a	30	7,3889 b
T3 7,6667 a	60	7,8778 ab
	90	7,8000 ab
	120	7,3889 b
	150	7,5556 ab
	180	7,3556 b

DM1 = 0,2857

DM2 = 0,5490

MG = 7,6190

CV% = 16,3155

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; T2 - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C;

T3 - Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196 °C.

Tabela 25 – Valores do sabor para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tuckey ao nível de 5 %.

Trat.	<u>Sabor</u>						
	<u>Tempo (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
T1	a 7,73 A	a 7,13 A	a 7,93 A	a 8,07 A	a 7,60 A	a 7,67 A	a 7,70 A
T2	a 7,93 A	a 7,47 A	a 7,80 A	a 7,70 A	a 7,13 A	a 7,20 A	a 7,27 A
T3	a 8,23 A	a 7,57 AB	a 7,90 AB	a 7,63 AB	a 7,43 AB	a 7,80 AB	a 7,10 B

Observação: As médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente entre si.

Médias de 3 repetições

T1 - Congelamento convencional a -22,6 °C; **T2** - Congelamento por circulação de nitrogênio a -100 °C; **T3** - Imersão em nitrogênio a -196 °C.

DMS/coluna = 0,76 (letras minúsculas)

DS/linha = 0,95 (letras maiúsculas)

5 – CONCLUSÃO

Neste trabalho onde se estudou as alterações físico-químicas e sensoriais da polpa de acerola, submetida a três métodos de congelamento inicial, a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ao longo de um período de 180 de armazenamento frigorificado, concluiu-se que:

Em relação às características físicas do fruto e do rendimento da acerola processada:

- Os valores médios da massa, diâmetro maior, diâmetro menor, volume e massa específica foram de 7,0837g, 2,43cm, 2,06cm, $7,49\text{cm}^3$ e $0,9450\text{g/cm}^3$, respectivamente.
- O rendimento obtido com o processamento da acerola foi de 78,3 %.

Quanto à cinética de congelamento da polpa da acerola:

- Para a polpa congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fase de resfriamento foi de aproximadamente 1800 segundos. Para a fase de cristalização esse tempo foi de 6000 segundos. Na fase pós-congelamento a temperatura próxima à de equilíbrio é alcançada após 6000 segundos.
- Para a polpa congelada a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fase de resfriamento foi de aproximadamente 360 segundos. Para a fase de cristalização esse tempo foi de 1140 segundos. Na fase de pós-congelamento a temperatura próxima à de equilíbrio é alcançada após 3240 segundos.
- Para a polpa congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, a fase de resfriamento foi de aproximadamente 60 segundos. Para a fase de cristalização esse tempo foi de 30 segundos. Na fase pós-congelamento a temperatura próxima à de equilíbrio é alcançada após 140 segundos.
- Os coeficientes de difusão da polpa congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos estágios 1 e 3 foram de $4,39 \times 10^{-4}$, $1,8 \times 10^{-5}$ e $5,1 \times 10^{-4}$, respectivamente e a difusividade térmica efetiva média, considerando-se os estágios 1 e 3 foi de $1,23\text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

- Os coeficientes de difusão da polpa congelada a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos estágios 1 e 3 foram de $6,88 \times 10^{-4}$, $1,25 \times 10^{-4}$ e $1,158 \times 10^{-3}$, respectivamente e a difusividade térmica efetiva média foi de $1,23\text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

- Os coeficientes de difusão da polpa congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ nos estágios 1 e 3 foram de $2,23 \times 10^{-3}$, $5,59 \times 10^{-3}$ e $2,618 \times 10^{-2}$, respectivamente e a difusividade térmica efetiva média foi de $24,21\text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Em relação ao comportamento físico-químico e sensorial da polpa de acerola:

- Houve interferência dos métodos de congelamento na estabilidade do ácido ascórbico. Com o método de congelamento convencional a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ocorreram perdas de 7,03 % ao longo do período de armazenamento, enquanto que nos métodos de congelamento a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ não ocorreram perdas significativas.

- Os níveis de acidez da polpa de acerola, congelada em freezer convencional $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, decrescem até os 90 dias e então tende a estabilizar-se. Quando congelada pelo método de circulação de nitrogênio a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e por imersão em nitrogênio líquido a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ apresentam um decréscimo até os 60 dias e a partir deste período tende a estabilizar-se.

- Os açúcares redutores se mantiveram de um modo geral estáveis na polpa de acerola quando congelada a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ enquanto que no método de congelamento a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ocorreu uma redução significativa ao final de 180 dias de armazenamento.

- O teor de sólidos solúveis da polpa de acerola tende a diminuir quando congelada em freezer a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, enquanto que nos tratamentos a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ se mostraram estáveis a partir dos 30 dias de armazenamento.

- Houve uma redução do pH nos três métodos de congelamento ao longo do período de armazenamento.

- Na análise sensorial, quanto a aparência, não verificou-se preferência entre os métodos de congelamento.

- Quanto ao odor e cor todos os tratamentos obtiveram igual preferência por parte dos provadores.
- Quanto ao sabor, houve uma diminuição significativa aos 180 dias para a polpa congelada a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEROLA, A fruta mais rica em vitamina C. *A Lavoura*, v.88, p.22-25, 1986.
- ACEROLA, fruta rica em vitamina C. *Toda fruta*, v.5, p.37, nov/dec. 1990.
- ALMEIDA, T.C.A. de. **Análise Sensorial: efeitos da memória**. Campinas, 1996. 121p.
Tese (Doutor em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos.
Universidade Estadual de Campinas.
- ALMEIDA, J.I.L. de.; ARAÚJO, F.E. de. **A acerola pode ser multiplicada por enxertia**.
Fortaleza, CE: EPACE, 1992. 1p. (EPACE INFORMA, 66).
- ALVES, R.E. **Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): Fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada**. Lavras, 1993.
99p. Dissertação (Mestre em Fisiologia Vegetal) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- ALVES, R.E. Características das frutas para exportação. In: GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E.F.G.; BLEINROTH, E.W.; FREIRE, F.C.O.; MENEZES, J.B.; BORDIN, M.R.; SOBRINHO, R.B.; ALVES, R.E. **Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós- colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996, 30p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21).
- AMER, M.I.; RUBIOLO, A.C. Influencia del proceso de congelacion en la variacion de la vitamina C durante el almacenamiento de frutillas congeladas. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2, 1998, Bahia Blanca (Bs.As.) - Argentina, *Anais...* Bahia Blanca: PLAPIQUI, 1998. (Publicação em CD Rom).
- ARAÚJO, F.E. de.; ALMEIDA, J.I.L. de. **A acerola: Instruções preliminares de cultivo**. Fortaleza, CE: EPACE, nov/1992. 6p. (EPACE . Pesquisa em Andamento, 21).
- ARAÚJO, P.S.R. de.; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994. 81p.
- ASENJO, C.F. Acerola. In: NAGY, S e SHAW, P.E. **Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses**. Westport, Connecticut: AVI, p.341-347, 1980.

- ASENJO, C.F. Aspectos químicos y nutritivos de la acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). *Ciência - Revista Hispano Americana de Ciências Puras e Aplicadas*, México, v.19, n.6-7, p.109-118, 1959.
- ASENJO, C.F.; MOSCOSO, C.G. Ascorbic acid content of the West Indian Cherry. *Food Research*, v.15, p.103-106, 1950.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (A.O.A.C). **Official methods of analysis**. Williams, S. (ed). 14.ed. Arlington, 1984. 1141 p.
- ASTN - Associação das Indústrias de Sucos Tropicais do Norte e Nordeste, **Catálogo**, Fortaleza, 1995.
- BARBOZA, S.B.S.C.; CAMPOS, E.de C. **Instruções para cultura da acerola**. Aracaju: EMBRAPA-CNPCO/EMDAGRO, 1992. 12p. (Circular Técnico, 8).
- BENASSI, M.T. **Análise dos efeitos dos diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas, 1990. 159p. Tese (Mestre em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- BHOWMIX, S.; HAYAKAWA, K.A. A new method for determining the apparent thermal diffusivity of thermally conductive food. *Journal of Food Science*. v.44, n.2, p.464-469. 1979.
- BLEINROTH, E.W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. 200p.
- BLEINROTH, E.W.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E.F.G.; BLEINROTH, E.W.; FREIRE, F.C.O.; MENEZES, J.B.; BORDIN, M.R.; SOBRINHO, R.B.; ALVES, R.E. **Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996, 30p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21)
- BRITTON, N.L.; WILSON, P. Botany: Scientific Survey of Puerto Rico and Virginia Islands. Academic Science, N.Y., v.5, 442p. 1924.

- BOBBIO, P.A.; BOBIO, F.O. **Introdução à química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Varela, 1992a. 223p.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Varela, 1992b. 151p.
- BOBBIO, P.A.; BOBIO, F.O. **Manual de laboratório de química de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Varela, 1995. 129p.
- CABRAL, L.M.C.; FURTADO, A.A.L. Polpa e suco de frutas. In: SEBRAE- EMBRAPA (PROGRAMA DE CAPACITAÇÃO TECNOLÓGICA). **Curso de processamento de frutas**. Brasília - DF, 1997. p.74-83.
- CABRAL, A.C.D.; ORTIZ, S.A.; MADI, L.F.C.; SOLER, R.M.; GAZETA, E.F. Embalagens das frutas tropicais e seus produtos. In: MEDINA, J.C. (Coord.). **Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos**. Campinas: ITAL, 1980. Cap.4, p.199-281. (Série Frutas Tropicais, 10).
- CALVELO F., A. Modelo matemático de la refrigeración de alimentos. In: KASAHARA G., I. **Tópicos en transferencia de calor y propiedades termofísicas en: refrigeracion y congelacion de alimentos**. Santiago de Chile: Maval, 1986. Cap.5, p.111-132.
- CAMPELO, R. **Acerola, uma fonte natural de vitamina C**. Maceió, 1990. 4p.
- CAMPOS, V. Acerola uma bomba C ainda por ser explorada. **Balde Branco**, v.22, n.220, p.19-21, 1987.
- CARVALHO, I.T. de.; GUERRA, N.B. **Suco de acerola: estabilidade durante o armazenamento**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ACEROLA, 1. Vitória da Conquista - BA, **Anais...** Vitória da Conquista: UESB-DFZ, 1995. p.102-106.
- CARVALHO, R.I.N. de.; MANICA, I. Características físicas, químicas e respiração de acerolas (*Malpighia glabra* L.) em três estádios de maturação. **Revista brasileira de fruticultura**, Cruz das Almas, v.15, p.21-26, agosto 1993.

- CARVALHO, R.I.N. de.; MANICA, I. Influência dos estádios de maturação e condições de armazenamento na conservação da acerola (*Malpighia glabra* L.). **Pesquisa agropecuária**, Brasília, v.29, p.681-688, maio 1994.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVAN, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M de. **Análises Químicas de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1990. 121p.
- CHAVES, J.B.P. **Análise sensorial: Histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993, 31p.
- CHERNEEVA, L.I. **Study of thermal properties of foods**. Report of VNIKHI (Scientific Research Institute of the Refrigeration Industry). Gostorgisdat, Moscou. U.R.S.S. 1956.
- CHITARRA, M.I.F. **Fisiologia e qualidade de produtos vegetais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27. Poços de Calda, **Anais...** Poços de Calda: SBEA, 1998. p.01-58.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: Fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 302p.
- COUTINHO, E.P. **Avaliação do processamento de polpa de acerola (*Malpighia glabra* L.), em sistemas convencionais de industrialização**. João Pessoa, 1993. 101p. (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal da Paraíba.
- COX, P.M. **Ultracongelación de alimentos: guía de la teoría y práctica**. Tradução de Juan Antonio Ordóñez Pereda. Zaragoza: Editorial Acribia, 1987. 459p.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. Clarendon Press. Oxford. 1975.
- CZYHRINCIW, N. Tropical fruit technology. **Advances in Food Research**, New York, v.17, p.153-208, 1969.
- DOSSAT, R.J. **Princípios de refrigeração: teoria, prática, exemplos, problemas, soluções**. São Paulo: Hemus, 1980. 884p. ✕
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1987. 652p.

- FAIM, I.I. Acerola. *Natureza*, v.6, n.71, p.38-41, dez/1993.
- FAPEP/SINE - PB (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DA PARAÍBA - SISTEMA NACIONAL DE EMPREGO). **Curso de tecnologia de industrialização de frutas**. João Pessoa, nov.1997. 24p.
- FERREIRA, A. da S.; MONTEIRO, P.J.F. **Acerola - uma campeã de vitamina C**. Manaus: Editora da Universidade do Amazonas, 1996. 11p.
- FIGUEIRÊDO, R.M.F de. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.)**. Campinas, 1998. 184p. Tese (Doutor em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- FIKIN, A.; GEGOY, Ya.; KALINOX, V. Comparative technological studies of peas treated by various freezing and storage methods. **Food Science Technology and Agriculture**, Chicago, v.9, n.11, p.96, 1977.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9.ed. Rio de Janeiro; São Paulo: Atheneu, 1998. 307p.
- GAVA, A.J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Nobel, 1979. 284p.
- GUIA RURAL PLANTAR. **Açaí, acelga, acerola (prática cultural)**. Dec.1991. p.10-12.
- GODOY, M.R.G.P.; PIZA JÚNIOR, C. de T. Cereja das Antilhas, fonte natural de vitamina C. **Casa da Agricultura**, v.8, n.2, p.19-21, mar./abr. 1986.
- GONZAGA NETO, L.; AMARAL, M.G. do.; SAURESSING, M.E. Enxertia por garfagem e borbulhia em acerola sob telado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.31, n.9, p.635-638, set.1996.
- GONZAGA NETO, L.; MATTIUZ, B. **Competição de clones de aceroleira na região do submedio São Francisco**. Petrolina, PE: EMBRAPA - CPATS, 1997, p.1-3. (EMBRAPA-CPATS. Pesquisa em andamento, 83).

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M. **Acerola para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 43p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 10).

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº 12.486 de 20 de outubro de 1978. **Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas do Estado de São Paulo**.

GRUDA, Z.; POSTOLSKI, J. **Tecnología de la congelacion de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1986. 631p. X

HOFSSOMMER, H.J. Determination of anthocyanins and carotenoids in fruit juices. **Fruit Processing**, Hachenburg, Germany, v.5, n.4, p.90-93, abr., 1995.

IADEROZA, M.; DRAETTA, I. dos S. **Enzimas e pigmentos - Influência e alterações durante o processamento**. In: SOLER, M.P.; BLEINROTH, E.W.; IADEROZA, M.; DRAETTA, I dos S.; LEITÃO, M.F. de F.; RADOMILLE, L.R.; TOCCHINI, R.P.; FERREIRA, V.L.P.; MORI, E.E.M.; SOLER, R.M.; ARDITO, E. de F.G.; XAVIER, R.L.; NETO, R.O.T. **Industrialização de frutas**. Campinas: ITAL, 1991. Cap.2, p.17-29. (Manual Técnico, 8).

IBRAF. **Acerola**. São Paulo, 1995. 61p. (Coleções Soluções Fruta a Fruta, 02).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ª ed. São Paulo : Instituto Adolfo Lutz, v.1, 533p.

KASAHARA G., I. Los Alimentos como sistemas complejos y su comportamiento frente al frío. In: KASAHARA G., I. **Temas en transferencia de calor y propiedades termofísicas en: refrigeración y congelación de alimentos**. Santiago de Chile: Maval, 1986. Cap.1, p.15-27.

KASAHARA G., I.; GARRIDO B., F.; SIMPSON R., R.; ALDUNATE M., M.I.; CORNEJO F., F. Cinética de congelación y propiedades termofísicas en dos especies de frutas menores. In: KASAHARA G., I. **Temas en transferencia de calor y propiedades termofísicas en: refrigeración y congelación de alimentos**. Santiago de Chile: Maval, 1986. Cap.4. p.81-109.

- 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. 120p.
- LEDIN, R.B. **The Barbados Cherry or West Indian cherry**. Gainesville: University of Flórida Agricultural Station, 1958. 28 p. (Bulletin, 594).
- LEITÃO, M.F de F. Microbiologia de frutas tropicais e seus produtos. In : MEDINA, J.C. (Coord.). **Alguns aspectos tecnológicos das frutas tropicais e seus produtos**. Campinas: ITAL, 1980. Cap.3, p.83-142. (Série Frutas Tropicais, 10).
- 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**, v.23, n.2, p.207-215, 1973.
- LEWIS, M.J. **Propriedades Físicas de los alimentos y de los sistemas de processado**. Zaragoza: Acribia, 1993. 494p.
- LINDSAY, R.C. Flavor. In: FENNEMA, O.R. **Química de los Alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1993. cap.9, p.659-706.
- LUCAS, A.P. Acerola: suco da saúde conquista o mundo inteiro. **Manchete Rural**, Rio de Janeiro, v.5, n.69, jan. 1993. p.10-13.
- MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. de.; FIGUEIREDO, R.V. de.; GUIMARÃES, A.C.L **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: matérias-primas**. Brasília, DF. ABEAS. v.1, cap.2, 1998a. p.17-31.
- MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. de.; FIGUEIREDO, R.V. de.; GUTMARÃES, A.C.L **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: processamento industrial**. Brasília - DF: ABEAS, 1998b. v.8. 65p.
- MATSUURA, F.C.A.U. **Processamento e caracterização de suco integral e concentrado congelado de acerola**. Campinas, 1994. 141p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- MATSUURA, F.C.A.U.; MENEZES, H.C. de.; OLIVA, P.B.; MARQUES, M.P.R.M. **Processamento e avaliação de acerola em calda.** Curitiba - PR: IAPAR/SBF, 1996. p.44.
- MEDEIROS, I.C.M.; HOLANDA, R.S. de.; SANTOS, J.L. dos.; ANJOS, F.J.S. dos.; MUSSER, R. dos S. Comportamento de estacas subterminais de aceroleira (*Malpighia glabra* L.) II parte. **Caderno Omega - Série Agronomia.** Recife, n.6. p.85-91, 1994.
- MEYER, L.H. **Food chemistry.** New York: Reinhold Book Corporation, 1968, p.148-170.
- MONTARROYS, A.V.V. **Acerola.** Cruz das Almas, BA: Universidade Federal da Bahia. 1993. 52p.
- MORI, E.E.M. Avaliação organoléptica. In: SOLER, M.P.; BLEINROTH, E.W.; IADEROZA, M.; DRAETTA, I dos S.; LEITÃO, M.F. de F.; RADOMILLE, L.R.; TOCCHINI, R.P.; FERREIRA, V.L.P.; MORI, E.E.M.; SOLER, R.M.; ARDITO, E. de F.G.; XAVIER, R.L.; NETO, R.O.T. **Industrialização de frutas.** Campinas: ITAL, 1991. Cap.6, p.121-130 (Manual Técnico, 8).
- MORORÓ, R.C. **Como montar uma pequena fábrica de polpa de fruta.** Viçosa, MG. 1998. 67p.
- MOSCOSO, C.G. West Indian Cherry: richest Krawn source of natural vitamin C. **Economic Botany**, v.10, p.280-294, 1956.
- MUSSER, R.dos S. Situação atual e perspectivas da acerola. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ACEROLA, 1, Vitória da Conquista. **Anais...** Vitória da Conquista: UESB-DFZ, 1995. p.04-06.
- MUSTARD, M.J. The ascorbic acid content of some *Malpighia* fruit and jellys. **Scienc**, v.104, p.230-235, 1946.
- NEBESKY, E.A.; ESSELEN JR., W.B.; McCONNELL, J.E.W.; FELLERS, C.R. Stability of color in fruit juices. **Food Research**, v.14, n.3, p.261-274. 1949.

- NEVES FILHO, L. de C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos.** São Paulo - SP: IBF/ ABRAVA/ SINDRATAR, 1991. 176p.
- NOGUEIRA, C.M.C. da C. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia Glabra* L.).** Fortaleza: CE. 1991. 117p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará.
- NOGUEIRA, J.N. **Influência de alguns métodos de processamento nas propriedades organolépticas da maçã em pedaços da variedade Ohio Beauty.** Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 1973. p.32. (Boletim Informativo, 26).
- OLIVA, P.B. **Estudo do armazenamento da acerola in natura e estabilidade do néctar de acerola.** Campinas: SP. 1995. 103p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- OLIVEIRA, J.R.P.; SOARES FILHO, W. dos S. **Acerola: conservação, caracterização e seleção de germoplasma pelo CNPMF-EMBRAPA.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ACEROLA, 1, Vitória da Conquista - BA. **Anais...** Vitória da Conquista: BA: UESB, dez.1995. p.22-27.
- PIZA JÚNIOR, C.T de.; KAVATI, R. **Cereja das Antilhas.** Campinas: CATI. 1993. 4p. (CATI. Comunicado Técnico,104).
- PORETTA, S. Sensory of fruit preparations. **Fruit Processing**, Maribor,Slovenia, v.6, n.12, p.496-502, dez., 1996.
- QUINTEROS, E.T.T. **Processamento e estabilidade de néctar de acerola-cenoura.** Campinas, 1995. 96p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- RIGHETTO, A.M.B. **Estabilidade físico-química e sensorial de suco de maracujá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*), puro e adoçado, congelado.** Londrina, PA. 1996. 107p. Tese (Mestre em Ciência de Alimentos) - Departamento de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos, Universidade Estadual de Londrina.

- RITTER, U.G. **Obtenção de bebida dietética a partir de suco de acerola.** Fortaleza: CE. 1994. 174p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará.
- SALUNKLE, D.K; DESAI, B.B. **Postharvest Biotechnology of fruits.** Boca Raton, Flórida: CRC Press, v.2, p.87-92, 1984.
- SANTINI JR., R.; HUYKE, A.S. Identification of the sugars present in fruit of the acerola (*Malpighia puniceifolia* L) by paper chromatography. **Journal Agriculture of the University of the Puerto Rico**, v.40, n.2, p.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 Agriculture of the University of Puerto Rico**, v.40, n.4, p.171-178. 1956b.
- SANTOS, M.N.G; SANTOS, A.M.P. Efeito do congelamento no teor de vitamina C da acerola (*Malpighia Glabra* L.). In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS: "Equipamentos e Processos para a Indústria de Alimentos, 1, 1995, Campinas. Programa e resumos... Campinas: FEA/UNICAMP-CYTED-SBCTA-ITAL, 5 a 9 nov.1995. B1-35.
- SILVA, F.V. **Avaliação do comportamento experimental do sistema de refrigeração de um túnel de congelamento com R-502 e R-408A.** Campinas, SP. 1998. 128p. Dissertação (Mestre em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. .
- SILVA, S.D. **Cor: definição e métodos de medição.** Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, n.36, p.75-85, dez., 1973.
- SING. R.P.; HELDMAN. D.R. **Introducción a la ingeniería de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1998. 544p.
- SOLER, M.P.; RADOMILLE, L.R.; TOCCHINI, R.P. Processamento. In: SOLER, M.P.; BLEINROTH, E.W.; IADEROZA, M.; DRAETTA, I dos S.; LEITÃO, M.F. de F.; RADOMILLE, L.R.; TOCCHINI, R.P.; FERREIRA, V.L.P.; MORI, E.E.M.; SOLER, R.M.; ARDITO, E. de F.G.; XAVIER, R.L.; NETO, R.O.T.

- Industrialização de frutas.** Campinas: ITAL, 1991. Cap.4. p.53-116. (Manual Técnico, 8).
- SONDHEIMER, E.; KERTESZ, Z.I. Participation of ascorbic acid in the destruction of anthocyanin in strawberry juice and model systems. **Food Research**, v.18, n.05, p.475-479, 1953.
- SOUTHGATE, D. **Conservación de frutas y hortalizas.** Trad. De Pedro Ducar Maluenda. 3ª ed. Zaragoza: Acribia, 1992. 216p.
- TANNENBAUM, S.R.; YOUNG, V.R.; ARCHER, M.C. **Vitaminas y minerales.** In: FENNEMA, O.R. Química de los Alimentos. Zaragoza: Acribia, 1993. cap.7, p.537-601.
- TEIXEIRA, A.H. de C.; AZEVEDO, P.V. de. Índices -limites do clima para o cultivo de acerola. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.30, n.12, p.1407-1410, dez.1995.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos.** Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 180p. (Série Didática).
- TIBA, M.A. **Estudo do armazenamento de polpa de caqui (Diospyros kaki L.) congelada para elaboração de subprodutos.** Campinas, SP. 1996. 96p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- TOCCHINI, R.P.; NISIDA, A.L.A.C.; MARTIN, Z.J. de. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas.** Campinas: ITAL, 1995. 85p.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. A importância do consumo de acerola para a saúde em virtude do seu alto teor em vitamina C. In: UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO. **Acerola ou cereja das Antilhas: a maior fonte de vitamina C.** Recife, PE, 1984 [n.p.]
- UYGUN, U.; ACAR, J. Effect of pH, metallic ions and storage temperature on colour and pigment content of cornelian cherry nectar. **Fruit Processing**, Maribor, Slovenia, v.5, n.12, p.398-400, dez., 1995.

- VENNING, J.A.; BURNS, D.J.W.; HOSKIN, K.M.; NGUYEN, T.; STEC, G.H. Factors influencing the stability of frozen kiwifruit pulp. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.2, p.396-404, mar.-abr., 1989.
- VICENTE, A.M.; RUBIO, J.M.G.P.; REGIDOR, F.S.; VICENTE, J.M.M. **Refrigeracion, congelacion e envasado de los alimentos**. Madrid: Iragra S.A / Bardala, 1994. 277p.
- VIGLIO, E.C.B. Setor agroindustrial impulsiona a produção. **Agroanalysis**, v.14, n.4, p.51-52, dec.1994.
- WATT, B.K. The nutritive value of frozen foods. *In*: DESROSIER, N.W.; TRESSLER, D.K. **Fundamentals of food freezing**. Westport, Conn., AVI Publishing Co., 1977, v.14, p.506-535
- ZADERNOWSKI, R.; MARKIEWICZ, K. ; NESTEROWICZ, J.; PIERZYNOWSKA-KORNIK, G. Physical and chemical characteristics of pulpy juices. **Fruit Processing**, Hachenburg, Germany, v.7, n.11, p. 441-444, 1997.
- ZUROWIETZ, V. The world of senses. **Fruit Processing**, Maribor, Slovenia, v.6, n.6, p.227-231, jun.1996.

ANEXO A - Ficha de análise sensorial para avaliação do sabor.**ANÁLISE SENSORIAL DO SUCO DE ACEROLA****PROVADOR:** _____**DATA:** ____/____/____

Você está recebendo três amostras de suco de acerola. Avalie cuidadosamente o **sabor** de cada uma delas, bebendo água entre uma amostra e outra. Utilize a escala abaixo para demonstrar 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**

Atributo	Amostra 524	Amostra 392	Amostra 425
Sabor			

Comentários: _____

ANEXO B - Ficha de análise sensorial para avaliação da aparência, cor e odor da polpa.

ANÁLISE SENSORIAL DA POLPA DE ACEROLA

PROVADOR: _____

DATA: ____ / ____ / ____

Você está recebendo 3 amostras de polpa de acerola. Avalie cada uma delas cuidadosamente nos atributos **aparência, cor e odor**. Utilize a escala abaixo para demonstrar 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

ATRIBUTO	Amostra 296	Amostra 452	Amostra 522
APARÊNCIA			
COR			
ODOR			

Comentários: _____

ANEXO C

Tabela C1 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada obtidas no congelamento a $-22,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ da polpa de acerola.

Tempo (segundos)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,4	1,000	1,000
600	13,8	0,774	0,768
1200	4,1	0,568	0,590
1800	-0,5	0,470	0,483
2400	-0,5	0,470	0,477
3000	-0,4	0,472	0,472
3600	-0,6	0,468	0,468
4200	-0,6	0,468	0,463
4800	-0,7	0,466	0,458
5400	-0,7	0,466	0,453
6000	-0,8	0,464	0,448
6600	-1,2	0,455	0,444
7200	-1,9	0,440	0,439
7800	-3,9	0,398	0,434
8400	-8,3	0,304	0,276
9000	-13,3	0,198	0,203
9600	-16,6	0,128	0,150
10200	-18,2	0,094	0,110
10800	-20,0	0,055	0,081
11400	-21,4	0,026	0,060
12000	-21,8	0,017	0,044
12600	-21,8	0,017	0,032
13200	-21,9	0,015	0,024
13800	-22,6	0,000	0,018

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_1 - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento;
 T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_1 = Temperatura inicial do produto.

Tabela C2 – Temperatura a cada momento e razão de temperatura experimental e calculada obtidas no congelamento a $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ da polpa de acerola.

Tempo (segundos)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	*Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	24,3	1,000	1,000
60	17,9	0,949	0,960
120	13,1	0,910	0,921
180	8,8	0,875	0,883
240	3,9	0,836	0,848
300	1,1	0,814	0,813
360	-0,6	0,800	0,813
420	-1,3	0,794	0,807
480	-1,7	0,791	0,801
540	-1,8	0,791	0,795
600	-2,0	0,788	0,789
660	-2,3	0,786	0,783
720	-2,6	0,784	0,777
780	-3,2	0,779	0,771
840	-3,8	0,774	0,765
900	-4,1	0,772	0,760
960	-5,0	0,765	0,754
1020	-5,6	0,759	0,748
1080	-6,4	0,753	0,743
1140	-7,3	0,746	0,737
1200	-8,3	0,738	0,732
1260	-9,7	0,727	0,726
1320	-10,9	0,717	0,721
1380	-11,6	0,711	0,716
1440	-13,1	0,699	0,710
1500	-15,0	0,684	0,705
1560	-17,9	0,66	0,656
1620	-21,2	0,634	0,612
1680	-26,2	0,593	0,571
1740	-32,0	0,548	0,533
1800	-37,3	0,505	0,497
1860	-42,1	0,466	0,464
1920	-47,0	0,427	0,433
1980	-51,2	0,393	0,404
2040	-55,4	0,359	0,376
2100	-58,7	0,333	0,351
2160	-62,0	0,306	0,328
2220	-64,9	0,283	0,306
2280	-67,3	0,263	0,285
2340	-69,7	0,244	0,266
2400	-71,6	0,228	0,248

Tabela C2 - Continuação

2460	-73,7	0,212	0,231
2520	-75,3	0,199	0,216
2580	-77,1	0,185	0,201
2640	-78,5	0,173	0,188
2700	-79,9	0,162	0,175
2760	-80,9	0,154	0,164
2820	-82,0	0,145	0,153
2880	-83,1	0,136	0,142
2940	-83,9	0,129	0,133
3000	-84,8	0,122	0,124
3060	-85,6	0,116	0,116
3120	-86,1	0,111	0,108
3180	-86,6	0,108	0,101
3240	-87,5	0,101	0,094
3300	-87,8	0,098	0,087
3360	-88,1	0,096	0,082
3420	-88,4	0,094	0,076
3480	-88,7	0,091	0,071
3540	-89,1	0,088	0,066
3600	-89,3	0,086	0,062
3660	-89,3	0,086	0,058
3720	-89,6	0,083	0,054
3780	-89,9	0,081	0,050
3840	-89,9	0,081	0,047
3900	-90,0	0,080	0,044
3960	-90,3	0,078	0,041
4020	-90,5	0,076	0,038
4080	-90,6	0,076	0,035
4140	-90,7	0,075	0,033
4200	-90,9	0,073	0,031
4260	-91,8	0,066	0,029
4320	-92,3	0,062	0,027
4380	-92,8	0,058	0,025
4440	-93,0	0,056	0,023
4500	-93,0	0,056	0,022
4560	-93,1	0,055	0,020
4620	-93,3	0,054	0,019
4680	-93,4	0,053	0,018
4740	-93,5	0,052	0,016

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_i - T_{\infty})$ Onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento;
 T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_i = Temperatura inicial do produto.

Tabela C3 - Temperatura a cada momento, razão de temperatura experimental e calculada obtidas no congelamento a -196 °C da polpa de acerola.

Tempo (segundos)	Temperatura (°C)	* Razão de Temperatura Valores experimentais	**Razão de Temperatura Valores calculados
0	25,4	1,000	1,021
10	25,3	1,000	0,998
20	23,6	0,992	0,976
30	19,9	0,975	0,955
40	11,7	0,938	0,934
50	4,8	0,907	0,913
60	-1,6	0,878	0,893
70	-6,4	0,856	0,840
80	-15,3	0,816	0,791
90	-37,0	0,718	0,758
100	-62,7	0,602	0,583
110	-88,6	0,485	0,449
120	-111,1	0,383	0,345
130	-132,1	0,289	0,266
140	-153,0	0,194	0,205
150	-166,4	0,134	0,157
160	-176,2	0,089	0,121
170	-182,3	0,062	0,093
180	-185,6	0,047	0,072
190	-187,5	0,038	0,055
200	-188,9	0,032	0,043
210	-189,6	0,029	0,033
220	-190,0	0,027	0,025
230	-190,3	0,026	0,019

* $RT = (T - T_{\infty}) / (T_1 - T_{\infty})$, onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento;
 T_{∞} = Temperatura do meio de congelamento; T_1 = Temperatura inicial do produto.

ANEXO D - Análise de variância de ácido ascórbico (mg/100g) para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Análise de Variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	11479,2383	5739,6191	52,34**
Tempo	6	53384,0000	8897,3300	81,14**
Interação	12	52563,4258	4380,2856	39,95**
Resíduo	42	4605,3359	109,6509	
Total	62	122032,000		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO E - Análise de variância de acidez total titulável (% de ácido málico) para diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Análise de Variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	0,0041	0,0221	7,77**
Tempo	6	0,0648	0,0108	40,92**
Interação	12	0,0226	0,0019	7,14**
Resíduo	42	0,0111	0,0003	
Total	62	0,1027		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO F - Análise de variância de açúcares redutores (% glicose) para diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Análise de Variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	0,3947	0,1973	39,07**
Tempo	6	1,0170	0,1695	33,56**
Interação	12	1,0461	0,0872	17,26**
Resíduo	42	0,2121	0,0051	
Total	62	2,6699		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO G - Análise de variância de sólidos solúveis (°Brix) para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Análise de variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	0,2287	0,1143	25,68**
Tempo	6	1,2158	0,2026	45,51**
Interação	12	0,3807	0,0317	7,13**
Resíduo	42	0,1870	0,0045	
Total	62	2,0122		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO H - Análise de variância de pH para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Análise de variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	0,0070	0,0035	34,54**
Tempo	6	1,1660	0,1943	1919,54**
Interação	12	0,0417	0,0035	34,31**
Resíduo	42	0,0043	0,0001	
Total	62	1,2189		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

ANEXO I - Análise de variância da aparência para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Análise de Variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	58,4090	29,2045	14,68 **
Tempo	6	22,3963	3,7327	1,88 ns
Interação	12	64,2799	5,3567	2,69 **
Resíduo	609	1211,2000	1,9888	
Total	629	1356,2852		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
ns Não significativo

ANEXO J - Análise de variância da cor para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo

Análise de variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	24,2663	12,1332	8,23 **
Tempo	6	29,2822	4,8804	3,31 **
Interação	12	29,6226	2,4685	1,67 ns
Resíduo	609	897,7000	1,4741	
Total	629	980,8711		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
ns Não significativo

ANEXO L - Análise de variância do odor para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento

Análise de variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	3,9743	1,9871	1,09 ns
Tempo	6	18,4663	3,0777	1,68 ns
Interação	12	21,7146	1,8096	0,99 ns
Resíduo	609	1115,2667	1,8313	
Total	629	1159,4219		

ns Não significativo

ANEXO M - Análise de variância do sabor para as diferentes técnicas de congelamento em função do tempo de armazenamento.

Análise de variância				
Fonte de Variação	G.L	S.Q	Q.M	F
Tratamentos	2	4.5227	2.2613	1.46 ns
Tempo	6	35.9925	5.9988	3.88 **
Interação	12	20.9884	1.7490	1.13 ns
Resíduo	609	941.0667	1.5413	
Total	629	1002.5703		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
ns Não significativo