**VARIAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO E DE
β-CAROTENO EM SUCO E GELÉIA DE ACEROLA
(*Malpighia glabra* L. - sinônimo *M. puniceifolia* L.)
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

RITA MARIA CORTE ELEUTERIO

Economista Doméstico

Orientador: Profa. Dra. **JOCELEM MASTRODI SALGADO**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Fevereiro - 1998

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - Campus "Luiz de Queiroz"/USP

Eleuterio, Rita Maria Corte

Variação do teor de ácido ascórbico e de β -caroteno em suco e geléia de acerola
(*Malpighia glabra* L. - sinônimo *M. punicifolia* L.) durante o armazenamento / Rita
Maria Corte Eleuterio. - - Piracicaba, 1998.
77 p.

Dissertação (mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1998.
Bibliografia.

1. Armazenamento de alimento 2. Beta caroteno 3. Geléia de acerola 4. Suco de
acerola 5. Vitamina C I. Título

CDD 664.8043

**VARIAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO E DE
β-CAROTENO EM SUCO E GELÉIA DE ACEROLA
(*Malpighia glabra* L. - sinônimo *M. puniceifolia* L.)
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

RITA MARIA CORTE ELEUTERIO

Aprovada em: 28.02.1998

Comissão julgadora:

Profa. Dra. Jocelen Mastrodi Salgado

ESALQ / USP

Profa. Dra. Marília Oetterer

ESALQ / USP

Profa. Dra. Marta Helena Fillet Spoto

CENA / USP

Profa. Dra. JOCELEM MASTRODI SALGADO

Orientador(a)

AGRADEÇO

Aos meus pais, Norma e Aristeu, pelo amor e dedicação.

Ao meu esposo Carlos e ao meu filho Felipe, pelo amor, compreensão, carinho e incentivo em todo momento.

Às minhas irmãs Márcia, Cristina, Ana Lúcia, Andrea e meus cunhados, pelo incentivo, amizade e união.

Aos meus sobrinhos Leandro, Rodrigo, Matheus e Juliana, pelo carinho.

A DEUS... por tudo e por todos.

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

À Profa. Dra. Jocelim Mastrodi Salgado pela orientação e amizade.

À Técnica de Laboratório Maria de Lurdes Perim Storer, do Setor de Nutrição Humana, pelo incentivo e pela importante contribuição no decorrer do trabalho experimental.

À Profa. Dra. Solange Guidolin Canniatti-Brazaca e à secretária Raquel Iracema da Silva, do Setor de Nutrição Humana, pela atenção e solidariedade.

Ao produtor de acerolas de Louveira Sr. Bruno Casarin e ao Engenheiro Agrônomo Luíz Carlos Alarcon, pela atenção, carinho e interesse no desenvolvimento dessa pesquisa.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Corrente, pela assessoria nas análises estatísticas dos dados.

Aos Professores Dr. Luiz Eduardo Gutierrez e Dra. Marília Oetterer, do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, pelo auxílio prestado durante o curso de mestrado.

Ao coordenador do curso de Pós Graduação do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Prof. Dr. Jorge Horii, pela atenção e auxílio prestado durante o decorrer do curso de mestrado.

Às colegas do curso de Pós-Graduação Adriana Boaventura e Denise Aparecida Gonçalves Oliveira, pela amizade, incentivo e prontidão sempre que se fez necessário.

Aos Técnicos de Laboratório do Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial Rosemary Leonessa da Silva Mandro e Sylvino Luiz Torrezan, pela contribuição na etapa prática desta pesquisa.

Às bibliotecárias Beatriz Helena Giongo, Midian Gustinelli, Kátia M. A. Ferraz e Eliana M.G. Sabino, pelo auxílio na organização das referências bibliográficas e a pelo atendimento prestado durante o curso.

Ao CIAGRI, especialmente o Prof. Marcelo Correa Alves pela atenção e contribuição na área de informática.

À Profa. Regina Eckert pelo apoio permanente e auxílio na revisão desse material.

Ao professor de inglês Sr. Jarbas Campos, pelo carinho e contribuição durante o desenvolver dessa pesquisa.

*À secretária do curso de pós graduação do Departamento de
Ciência e Tecnologia Agroindustrial Regina Lúcia de M. Lourenço,
pela atenção e auxílios prestados.*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e
Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro;*

*A todos que participaram das análises sensoriais, pela
colaboração e disponibilidade.*

*À minha prima Fernanda Mussalim Guimarães Lemos Silveira
e à minha amiga Luciene Brum de Araujo Cantarelli, pelo pelo
carinho, incentivo e amizade.*

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABELAS.....	xiv
RESUMO	xvi
SUMMARY.....	xviii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Nomenclatura e descrição botânica.....	5
2.2 Produção e consumo.....	6
2.3 Valor nutricional.....	7
2.3.1 Ácido ascórbico.....	7
2.3.2 β -caroteno.....	9
2.4 Produtos de acerola.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3.1 Matéria-prima.....	15
3.1.1 Matéria-prima para elaboração do suco congelado.....	15
3.1.1.1 Matéria-prima para determinação do ácido ascórbico.....	15
3.1.1.2 Matéria-prima para determinação do β -caroteno.....	16
3.1.2 Matéria-prima utilizada no processamento da geléia.....	17
3.2 Metodologia de processamento.....	18
3.2.1 Obtenção do suco congelado.....	18
3.2.2 Processamento da geléia.....	20
3.3 Análises químicas.....	22
3.3.1 Determinação do conteúdo de ácido ascórbico.....	22
3.3.2 Determinação do teor de β -caroteno.....	22
3.4 Análise sensorial da geléia	23
3.5 Análise Estatística.....	23

LISTA DE FIGURAS

		Página
1	Oxidação do ácido ascórbico.....	8
2	Estrutura química do β -caroteno.....	10
3	Diagrama de Rauch para a consistência das geléias.....	14
4	Fluxograma da elaboração do suco de acerola congelado e análises químicas.....	19
5	Fluxograma da elaboração da geléia de acerola e das análises químicas.....	21
6	Teor de ácido ascórbico no suco de acerolas maduras (mg / 100 g) durante o período de armazenamento de 12 meses.....	26
7	Teor de ácido ascórbico no suco de acerolas verdes (mg / 100 g) durante o período de armazenamento de 12 meses.....	27
8	Teor de β -caroteno no suco de acerolas maduras (mg / 100 g) durante o período de armazenamento de 12 meses.....	34
9	Teor de β -caroteno no suco de acerolas verdes (mg / 100 g) durante o período de armazenamento de 12 meses.....	34

10	Teor de ácido ascórbico na geléia (mg / 100 g) durante o período de 6 meses de armazenamento.....	40
11	Teor de β -caroteno na geléia (mg / 100 g) durante o período de 6 meses de armazenamento.....	44
12	Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto a consistência da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.....	47
13	Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo aroma da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.....	48
14	Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo cor da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.....	49
15	Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo brilho da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.....	50
16	Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo acidez da geléia logo após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.....	51
17	Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo doce da geléia logo após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.....	52

18	Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto a aceitabilidade da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.....	53
----	---	----

LISTA DE TABELAS

		Página
1	Características físico-químicas das acerolas utilizadas na determinação do teor de ácido ascórbico no suco.....	16
2	Características físico-químicas das acerolas utilizadas na determinação do teor de β -caroteno no suco.....	17
3	Características físico-químicas das acerolas utilizadas na determinação do ácido ascórbico e β -caroteno na geléia.....	18
4	Teor de ácido ascórbico (média) em suco congelado obtido de frutas maduras e verdes no tempo zero e durante os 12 meses de armazenamento a -18°C	24
5	Média estimada do teor de ácido ascórbico do suco de acerolas maduras obtida pela equação logística e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C	28
6	Média estimada do teor de ácido ascórbico do suco de acerolas verdes obtida pela equação quadrática e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C	29
7	Teor de β -caroteno (média) em suco congelado obtido de frutas maduras e verdes no tempo zero e durante os 12 meses de armazenamento a -18°C	32

8	Média estimada do teor de β -caroteno do suco de frutas maduras obtida pela equação logarítmica e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C	35
9	Média estimada do teor de β -caroteno do suco de frutas verdes obtida pela função quadrática e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C	36
10	Teor de ácido ascórbico (média) na geléia de acerola durante o período de 6 meses de armazenamento.....	38
11	Média estimada do teor de de ácido ascórbico na geléia de acerola considerando a equação de regressão logística e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento...	41
12	Teor de β -caroteno da geléia de acerola (média) durante os 6 meses de armazenamento.....	43
13	Média estimada do teor de β -caroteno da geléia de acerola considerando a equação de regressão logística e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento	45

**VARIAÇÃO DO TEOR DE ÁCIDO ASCÓRBICO E DE
β-CAROTENO EM SUCO E GELÉIA DE ACEROLA
(*Malpighia glabra* L. - sinônimo *M. punicifolia* L.)
DURANTE O ARMAZENAMENTO**

Autora: RITA MARIA CORTE ELEUTERIO

Orientador: Profa. Dra. JOCELEM MASTRODI SALGADO

RESUMO

A acerola (*Malpighia glabra* L. - sinônimo *M. punicifolia* L.), tem uma importante qualidade nutricional, no entanto, é uma fruta altamente perecível. Assim, torna-se necessário desenvolver produtos dessa fruta, que a torne mais acessível a um maior número de pessoas e que sejam viáveis economicamente.

Esta pesquisa teve como objetivos verificar as variações do conteúdo de ácido ascórbico e de β-caroteno em suco de frutas verdes e maduras armazenados a -18°C pelo período de 12 meses, e em geléia armazenada por 6 meses.

Quanto ao suco congelado, o ácido ascórbico apresentou boa estabilidade, com retenção de 81,42% no suco de frutas maduras e de 88,76% no de frutas verdes.

A retenção do β-caroteno no suco de acerolas maduras foi de 70,65% e no de acerolas verdes foi de 63,73%.

A geléia, preparada com acerolas recém colhidas, foi submetida à análise sensorial logo após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento. Avaliou-se os atributos de qualidade, tais como: consistência, aroma, cor, brilho, acidez e nível de doçura.

A aceitabilidade desse produto foi maior logo após o processamento do que quando armazenado por 6 meses, levando em consideração os atributos organolépticos apresentados anteriormente.

Com o processamento houve uma redução de 15,66% do conteúdo de ácido ascórbico da geléia. No entanto, depois de armazenada durante um período de 6 meses, a geléia apresentou um índice de 86,24% de retenção desse nutriente.

Quanto ao β -caroteno, observou-se uma redução de 75,78% depois do processamento da geléia e depois do armazenamento, a geléia reteve 54,60% desse nutriente.

**VARIATION OF ASCORBIC ACID AND β -CAROTENE CONTENT
IN ACEROLA (*Malpighia glabra* L.- synonymous *M. punicifolia* L.)
JUICE AND JAM DURING THE STORAGE**

Author: RITA MARIA CORTE ELEUTERIO

Adviser: Profa. Dra. JOCELEM MASTRODI SALGADO

SUMMARY

The acerola(*Malpighia glabra* L. - synonymous *M. punicifolia* L.) has a very high nutritional quality in despite of its perecibility. Due to this fact, it is necessary to develop products that must be economically accessible for most people.

The aim of this work was to verify the ascorbic acid and β -carotene content in frozen juice obtained from green and ripe fruits after 12 month storage at -18°C , and in fruit jam after 6 month storage.

The ascorbic acid retention in ripe fruit juice was 81.42%, and 88.76% in green fruit juice.

The β -carotene retention was 70.65% in ripe fruit juice, and 63.73% in green fruit juice.

The jam, prepared with fresh fruits, was tasted after the preparation and after being stored. The acceptability of the jam was higher after being processed than after its frozen period, considering the sensorial analysis, such as consistency, aroma, colour, brightness, acidity and sweetness.

After the jam processing, there was a decrease of 15.66% of the ascorbic acid content, and the retention of this nutrient was 86.24% after storage.

Relating to the β -carotene, after the jam processing there was a decrease of 75.78%, and its retention was 54.60% after storage.

1 INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia glabra* L. - sinônimo *Malpighia punicifolia* L.), natural da América Central e do norte da América do Sul, foi chamada pelos primeiros colonos espanhóis e portugueses de “cereja”, em função de sua semelhança com a cereja européia. Hoje, é conhecida também como cereja das Antilhas ou cereja de Barbados (Instituto Brasileiro de Frutas, 1995).

Em 1945, os Professores Conrad F. Asenjo e Ana Rosa Freire de Gusman, em Porto Rico, encontraram na acerola um alto teor de vitamina C. No Brasil, as suas propriedades nutricionais foram divulgadas por pesquisadores da Universidade Federal Rural de Pernambuco, a partir de 1955 (Araujo & Minami, 1994).

Atualmente, a acerola é reconhecida como uma das maiores fontes de vitamina C, quando comparada com outras frutas. O seu conteúdo de ácido ascórbico varia de 860 a 2700 mg por 100 g de fruta madura, segundo Asenjo & Guzman (1946); Campilo & Asenjo (1957); Fonseca et al. (1969); Leme et al. (1973); Benk (1973); Herrmann (1981); Itoo et al. (1990); Moser & Bendich (1991) e Alves et al. (1993).

A deficiência de vitamina C, conhecida como escorbuto, não é atualmente um problema sério de saúde pública (Belda, 1995). Os casos de escorbuto mais comuns são os que aparecem em idosos, que vivem sozinhos e preparam suas refeições de maneira inadequada (Mitchell et al., 1978a).

Alguns médicos acreditam que, por falta de informação e / ou pobreza, nos países tropicais possa ocorrer um escorbuto “mais leve” em lactentes logo

após o desmame, pois, nesse período, a criança passa a necessitar de outras fontes fornecedoras de vitamina C, como os sucos de frutas, por exemplo (Wilson et al., 1982).

No entanto, a vitamina C deixou de ser reconhecida somente por sua função antiescorbútica. Hoje sabe-se que ela é fundamental para o bom funcionamento de todo o complexo biológico humano. Cada vez mais pesquisadores de todo o mundo estão voltando suas atenções para melhor compreender o funcionamento da vitamina C no organismo. Já foi constatado que essa vitamina tem papel importante na prevenção e cura da anemia (Burton, 1979a e Mitchell et al., 1978a); na degradação de radicais livres (Klaui & Pongracz, 1982); na prevenção e cura da catarata (Robertson et al. 1991); na prevenção de câncer (Block, 1992 e Palevic et al. 1989); no aumento da resistência imunológica (Anderson, 1982); entre outras.

Ao considerar o valor nutritivo da acerola, no entanto, não podemos nos referir apenas ao seu alto teor de vitamina C, pois essa fruta apresenta também uma fonte considerável de β -caroteno, podendo variar de 0,408 mg a 1,099 mg / 100 g de polpa dependendo do local de plantio e do estágio de maturação (Asenjo, 1980; Benk 1973; Ensminger et al., 1994 e Leme et al., 1973).

Estima-se que os carotenos provenientes de vegetais contribuam, em termos mundiais, com cerca de 68% da vitamina A da dieta e, nos países em desenvolvimento, com 82%. Em muitos países, onde a deficiência de vitamina A é considerada um problema nutricional, a contribuição dos carotenos é ainda mais significativa (Rodrigues, 1988).

A educação nutricional é muito importante, pois esclarece que é possível suprir as necessidades orgânicas de vitamina A através do consumo de alimentos ricos em β -carotenos, os quais estão mais disponíveis do que as fontes de vitamina A pré-formada e são economicamente mais acessíveis (Roncada et al., 1981).

Atualmente, a hipovitaminose A é um problema sério de saúde pública. A xeroftalmia, quadro que implica na perda parcial ou total da visão, leva a graves repercussões para o indivíduo, a família e a coletividade em geral (Belda, 1995). Além disso, a carência da vitamina A também está associada a uma elevada mortalidade, principalmente em alguns países da Ásia, África, Oriente Médio e América Latina (Szarfarc, 1995). No Brasil, o problema é particularmente grave nas populações do semi-árido nordestino e no Vale do Ribeira (São Paulo), no Vale do Jequitinhonha (Minas Gerais) (Araújo, 1995).

Pela importância nutricional da acerola e por ser uma alternativa frutícola viável aos agricultores, o cultivo de acerola está sendo muito incentivado no Brasil (Araújo & Minami, 1994).

Por ser uma fruta de clima tropical e subtropical, é cultivada em Porto Rico, Cuba, Estados Unidos da América (Havaí e Flórida), Venezuela, Colômbia, nas ilhas do Caribe e em alguns países asiáticos como Filipinas e Vietnã (Cardoso et al., 1994). O Brasil é atualmente o maior produtor e exportador de acerola do mundo (Araújo & Minami, 1994).

A acerola é bastante consumida no mundo, porém não na forma *in natura*, pois caracteriza-se por ser uma fruta altamente perecível, tornando-se difícil a sua comercialização, estocagem e transporte nessa forma. Essa fruta requer manuseio delicado e, em poucos dias após ser colhida deteriora-se, não podendo mais ser consumida. A conservação da acerola implica em transformá-la em produtos como polpas, geléias, sorvetes, compotas e adicionada a sucos de outras frutas mais pobres em vitamina C (Instituto Brasileiro de Frutas, 1995).

O congelamento do suco de acerola, por exemplo, é uma forma de conservação bastante aplicada, pois preserva-se o sabor, a cor e os componentes voláteis da fruta, sem a necessidade de se adicionar outros produtos ao suco (Orsono, 1983). Com o suco congelado, pode-se obter produtos que, tradicionalmente, são preparados com frutas *in natura*,

propiciando o consumo tanto em regiões distantes de seu lugar de plantio como na entressafra.

O Brasil exporta, principalmente para o Japão, frutos congelados verdes, os quais são muito procurados para produção de cápsulas de vitaminas (Cardoso et al. 1994).

A geléia de acerola, assim como o suco congelado, é um produto que também permite uma maior utilização dessa fruta. Segundo Freitas (1988), nos países da Europa, a geléia faz parte do cardápio diário, entrando no café da manhã, no lanche da tarde e na sobremesa do jantar. Já no Brasil, está ocorrendo um crescimento da comercialização de geléia com surgimento de novas marcas e principalmente de geléias artesanais ou caseiras.

Portanto, considerando a qualidade nutricional da acerola *in natura*, o crescimento de sua comercialização no Brasil e a necessidade de se fornecer ao consumidor um produto dessa fruta que seja acessível e viável economicamente, esta pesquisa teve como objetivos:

- verificar as variações do conteúdo de ácido ascórbico dos sucos de acerolas verdes e maduras durante o armazenamento congelado a -18°C , determinando o conteúdo desse nutriente logo após a extração do suco e nos períodos de 1, 3, 6, 9 e 12 meses;
- verificar as variações do conteúdo de β -caroteno dos sucos de acerolas verdes e maduras durante o armazenamento congelado a -18°C , determinando o conteúdo desse nutriente logo após a extração do suco e nos períodos de 3, 6, 9 e 12 meses;
- elaborar geléia de acerola e, através de análise sensorial, verificar sua aceitabilidade logo após seu processamento e depois de armazenada por 6 meses;
- verificar a variação do conteúdo de ácido ascórbico e de β -caroteno logo após o processamento da geléia e nos tempos de armazenamento de 1,2,3,4,5 e 6 meses.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Nomenclatura e descrição botânica

Pertencente à família Malpighiaceae, a aceroleira ou cerejeira das Antilhas despertou divergências a respeito de sua classificação botânica. O material coletado em Porto Rico foi quase sempre classificado como *Malpighia puniceifolia* L., mas as frutas vindas de Cuba, Flórida, América Central e outras áreas foram classificadas principalmente como *Malpighia glabra* L.. Estudos mostram que tanto os frutos das árvores classificadas como *M. puniceifolia* L. quanto os das classificadas como *M. glabra* L., têm muita vitamina C e alguns autores chegam até mesmo a considerar os dois nomes como sinônimos, embora sejam espécies diferentes (Asenjo, 1980).

Nas universidades de Porto Rico, Havaí e Flórida, pesquisadores selecionaram uma série de variedades de acordo com o porte da planta, produtividade, tamanho, teor de vitamina C e teor de açúcares no suco da fruta, classificando-as basicamente em doces e azedas de acordo com o sabor da fruta (Muthukrishnan & Palaniswamy, 1972). Porém, no Brasil, não se fala em cultivares de acerola por tratarem-se de plantas que sempre foram propagadas por via sexual, resultantes de segregações (Instituto Brasileiro de Frutas, 1995 e Marino Netto, 1986).

2.2 Produção e consumo

Segundo Cardoso et al. (1994), há três tipos de unidades de produção de acerola no mercado brasileiro: os produtores extrativistas, que plantam em pequenas áreas, com pouco uso de tecnologia e comercializam a fruta geralmente na forma *in natura*; os produtores processadores, que cultivam áreas de pequeno a médio porte e possuem uma pequena infra-estrutura de processamento, podendo comercializar tanto a fruta *in natura* como a polpa congelada; e as agroindústrias, que são unidades de produção que cultivam em grandes áreas, utilizando tecnologias modernas e que fabricam diversos produtos, como suco e polpa congelada, processados em instalações de consideráveis portes, comercializando-os tanto no mercado interno como no externo.

No mercado interno, os principais responsáveis pela produção e comercialização de acerola são os produtores extrativistas e processadores, concentrando-se principalmente nos grandes centros urbanos, como no eixo Rio-São Paulo. Essas unidades de produção são as mais vulneráveis, pois operam no mercado como “seguidoras de preços” das agroindústrias. Apesar das dificuldades atuais enfrentadas pelos pequenos produtores (extrativistas e processadores), o mercado de acerola está em crescimento, com tendência a organizar cooperativas ou a integração a agroindústrias (Cardoso et al., 1994).

As agroindústrias, concentradas principalmente no nordeste, são as principais responsáveis pela exportação de frutos *in natura* maduros e verdes congelados e de polpas de frutas maduras e verdes para o Japão, que além de importador, é também o intermediário na distribuição para a Europa (Cardoso et al., 1994).

Segundo o Instituto Brasileiro de Frutas (1995), em 1994 a produção de frutos de acerola no Brasil (2.804 hectares) foi de 23.000 toneladas, sendo que os pomares não tinham atingido plena capacidade de produção. No entanto, as perdas de frutas nas propriedades foram de 8.000 toneladas, ou seja, mais de 30% da produção.

2.3 Valor nutricional

2.3.1 Ácido ascórbico

Quimicamente, o ácido ascórbico é a lactona do ácido derivado de um monossacarídeo, portanto, pertence à classe dos carboidratos e possui a fórmula empírica $C_6 H_8 O_6$. Estudos têm demonstrado que o ácido ascórbico presente em muitas frutas é sintetizado a partir da glucose (Bender, 1978).

A imediata oxidação do ácido ascórbico produz o ácido dehidroascórbico. Tanto um como outro são denominados de vitamina C, pois são biologicamente ativos. No entanto, o ácido dehidroascórbico é muito mais sensível e mais instável ao calor do que o ácido ascórbico. A causa principal da degradação da vitamina C é a oxidação irreversível do ácido dehidroascórbico a ácido 2,3, dicetogulônico. As reações de oxidações do ácido ascórbico podem ser vistas na Figura 1 (Bender, 1978; Franco, 1994 e Mapson, 1970).

Um dos papéis mais significativos da vitamina C é a formação e manutenção do colágeno responsável pela formação dos dentes, ossos, pele, cartilagens e integridade da parede estrutural dos capilares (Burton, 1979a e Mitchell et al., 1978a).

Figura 1 - Oxidação do ácido ascórbico

Fonte : Cooke & Moxon (1982)

A vitamina C tem papel importante na prevenção e cura de anemia, pois, na presença do ácido ascórbico, a absorção do ferro no intestino aumenta consideravelmente (Burton, 1979a; Hallberg, 1982 e Mitchell et al., 1978a). Essa vitamina atua também na conversão do ácido fólico para o seu análogo biologicamente ativo, o ácido tetraidrofólico (Burton, 1979 a).

Dentro das células, o ácido ascórbico participa do metabolismo dos ácidos graxos, contribuindo para formação da carnitina, a qual é essencial para o transporte de grupos acil dentro e fora da mitocôndria. Dentro da mitocôndria, o grupo acil participará da produção de energia (Islabão, 1987).

Block (1992) relata o papel do ácido ascórbico como fator de proteção contra a formação de nitrosaminas. Esses compostos são agentes carcinogênicos formados pela interação de uma substância contendo nitrogênio (uréia, amida e amina) e o nitrito ou óxido de nitrogênio. O ácido ascórbico reage prioritariamente com o nitrito tornando-o não disponível para reagir com as aminas.

Palevic et al. (1989) pesquisaram a atividade antimetabólica do ácido ascórbico em tumores de animais e humanos e chegaram à conclusão de que a

ingestão de ácido ascórbico em quantidades maiores que 1 g por dia inibe a síntese de DNA e a mitose de células de tumores.

Devido à ação antioxidante do ácido ascórbico, essa vitamina participa da degradação de radicais livres que debilitam o organismo, reconstituindo a forma ativa da vitamina E. Os radicais livres aparecem no curso de oxidações e reduções essenciais para a manutenção da vida e para a produção de energia necessária ao organismo. Além do mais, os radicais livres podem entrar no metabolismo como resultado da irradiação solar e da fumaça do cigarro (Klaui & Pongracz, 1982). Em fumantes, os níveis de concentração de vitamina C no plasma sanguíneo são baixos. Os antioxidantes nutricionais manifestam-se com grande eficiência na prevenção de doenças pulmonares provocadas por oxidantes. Esses agentes oxidantes se não prontamente neutralizados, podem provocar danos às células e, conseqüentemente, a inflamação dos tecidos (Anderson, 1991).

Estudos bioquímicos mostram que a oxidação causada pela acumulação de radicais livres está provocando cataratas em idosos e que a vitamina C (junto com a vitamina E e o β -caroteno) pode prevenir ou retardar o desenvolvimento da catarata (Robertson et al., 1991).

A vitamina C tem também função importante no aumento da resistência imunológica, aumentando a atividade antimicrobiana e agindo na reconstituição dos leucócitos em períodos de queda de resistência. Por esse motivo, ela é considerada fundamental como agente imunofarmacológico na profilaxia e terapia de indivíduos imunocomprometidos (Anderson, 1982).

2.3.2 β -caroteno

Quimicamente, os carotenóides são divididos em dois grupos: os hidrocarbonatados e os derivados oxigenados. O primeiro grupo é conhecido

como carotenos e o segundo tem sido chamado pela maioria dos autores de xantofilas (Rodrigues, 1988; Rodriguez-Amaya, 1985 e Sant'Ana, 1995).

Do ponto de vista nutricional, os carotenóides são classificados como pró-vitaminas e carotenóides inativos. Os primeiros são muito importantes, pois alguns deles se convertem em vitamina A na mucosa intestinal e no fígado. Para atuar como precursor de vitamina A, um carotenóide deve possuir pelo menos um anel β -ionona com cadeia lateral poliênica de pelo menos 11 carbonos (Rodrigues, 1988; Rodriguez-Amaya, 1985 e Sant'Ana, 1995).

De todos os carotenóides conhecidos, o β -caroteno, além de ser o mais comum entre os alimentos, é o que possui maior atividade pró-vitâmica A, pois possui dois anéis β -ionona ligados por uma cadeia poliênica de 22 carbonos, com 100% de atividade vitamínica (Rodriguez-Amaya, 1985). A estrutura química do β -caroteno é mostrada na Figura 2:

Figura 2 - Estrutura química do β -caroteno

Fonte: Rodriguez-Amaya , 1985.

Segundo o Recommended Dietary Allowance - RDA (1989), a vitamina A é essencial para a visão, crescimento, diferenciação e proliferação celular, reprodução e integridade do sistema imunológico.

A deficiência de vitamina A provoca modificações nas células epiteliais, alterando as membranas que revestem o nariz, a garganta, a traquéia e o trato gastrointestinal. Sempre que ocorrem estas alterações de tecido, o mecanismo natural de proteção contra a invasão bacteriana fica comprometido e o tecido

pode tornar-se facilmente infectado. Pode provocar também pele áspera, seca e escamosa, decorrente do aumento de queratinização, e também a diminuição do limiar do paladar e do olfato. Os ossos também dependem da vitamina A para o crescimento e desenvolvimento normais. Estudos mostram que para a reprodução e a lactação é necessário mais caroteno ou vitamina A na dieta. Esta vitamina participa das transformações no metabolismo da corticosterona, do colesterol e dos hormônios sexuais (Burton, 1979 e Mitchell et al., 1978).

A vitamina A tem importante função no processo visual, na manutenção da integridade da córnea e na manutenção da função mucociliar normal dos tecidos epiteliais. A deficiência de vitamina A afeta estruturas epiteliais principalmente as dos olhos, podendo causar xeroftalmia (secura dos olhos), cegueira noturna, manchas de Bitot (placa acinzentada na conjuntiva bulbar, que costuma desaparecer sem seqüelas), queratomalacia (opacificação e perda da visão) (Belda, 1995).

Ao lado de sua função como precursor de vitamina A, o β -caroteno protege o organismo da ação dos radicais livres, os quais são potencialmente perigosos à saúde humana. A alta reatividade do β -caroteno é uma característica importante que dá à molécula a capacidade de antioxidante (Burton, 1989; Krinsky, 1991 e Pryor, 1991).

Numerosos estudos epidemiológicos encontraram uma relação inversa entre câncer no pulmão, intestino, rim e cólon, e o consumo de vegetais ricos em carotenóides (Kromhout, 1987 e Ziegler, 1991). Demonstraram também que a ingestão de carotenóides está inversamente associada à ocorrência de catarata (Jacques & Chylack, 1991 e Robertson et al., 1991).

2.4 Produtos de acerola

Devido à sua alta concentração de vitamina C, a acerola está sendo utilizada no desenvolvimento de novos produtos alimentícios, como por

exemplo o pickles de acerola, enriquecimento de sucos com menores teores dessa vitamina (Muthukrishnan & Palaniswamy, 1973) e enriquecimento de vinagre (Nakashima, 1989).

O processo de congelação do suco de acerola é uma forma de conservação bastante aplicada, pois consiste simplesmente em abaixar a sua temperatura até que este atinja o estado sólido. Assim, é possível conservar o produto por mais de um ano quando mantido à temperatura igual ou menor do que -18°C. Com os sucos e polpas congeladas pode-se elaborar produtos que, tradicionalmente, são preparados com frutas *in natura* (Orsono, 1983).

Segundo o Programa Conjunto da FAO/OMS Sobre Normas Alimentarias (1992), entende-se por suco de fruta, “o suco sem fermentar, porém fermentável, destinado ao consumo direto, obtido por procedimentos mecânicos a partir da fruta sã, conservado por meios físicos exclusivamente”.

A geléia, segundo a Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação - ABIA (1990) é “o produto obtido pela cocção das frutas inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até a consistência gelatinosa. As geléias de frutas são classificadas em comum, quando preparadas numa proporção de 40 partes de frutas frescas, ou seu equivalente, para 60 partes de açúcar e extra, quando preparadas numa proporção de 50 partes de frutas frescas, ou seu equivalente, para 50 partes de açúcar. O produto deve ser preparado com frutas sãs e limpas, isentas de matéria terrosa, de parasitos, de detritos, de animais ou vegetais, e de fermentação. Poderá ser acrescentado glicose ou açúcar invertido. Não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal. Deve estar isento de pedúnculos e de cascas, mas pode conter fragmentos da fruta, dependendo da espécie empregada no preparo do produto. Não pode ser colorido e nem aromatizado artificialmente. É tolerada a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta” .

Além da fruta, os elementos básicos para a elaboração de uma geléia são o ácido, o açúcar e a água, sendo que uma combinação adequada desses quatro elementos, tanto na quantidade como na ordem de colocação durante o processamento, irá definir a qualidade da geléia.

As frutas devem estar suficientemente maduras, mas não em demasia, pois conforme a fruta vai amadurecendo, a pectina vai transformando-se em ácido péctico, não formando gel (Jackix, 1988 e Soler et al., 1991).

O teor de sólidos solúveis na geléia pronta pode variar de 64 a 71%. Acima de 70% há tendência ao aparecimento de cristais de sacarose. Devido à acidez e ao aquecimento, sempre ocorre a formação de açúcar invertido, isto é, parte da sacarose desdobra-se em glucose e frutose. Essa nova mistura de sacarose, glucose e frutose tem maior solubilidade que a sacarose pura, de forma que pode atingir uma concentração de sólidos até de 68,7%, sem que ocorra a cristalização (Jackix, 1988).

A adição de acidulantes tem por finalidade abaixar o pH de geleias para obter geleificação adequada e realçar o aroma natural da fruta. Embora o ácido cítrico seja o mais utilizado, outros ácidos, como o málico, o láctico e o tartárico também podem ser utilizados. A concentração hidrogeniônica tem importância na geleificação e o pH ideal varia em função do teor de sólidos solúveis. (Jackix, 1988 e Soler et al., 1991).

A Figura 3 mostra o Diagrama de Rauch para a consistência das geleias, representando como deve ser o equilíbrio dos constituintes da geléia.

Asenjo (1978) relatou que a acerola possui grande quantidade de ácido málico e traços de ácido cítrico; 0,32% de pectina; 3,4% de açúcares solúveis totais, principalmente glucose e frutose, com apenas traços de sacarose.

Leme (1968) em sua pesquisa, classificou a acerola como uma fruta de caráter tecnológico mediano para elaboração de geleias e Muthukrishnan & Palaniswamy (1972) verificaram que na geléia preparada quando se acrescenta 1 g de ácido cítrico por 1000 g de acerolas, consegue-se um nível

de acidez mais adequado, proporcionando melhor cor, gosto e consistência da geléia de acerola.

Figura 3 - Diagrama de Rauch para a consistência das geléias.

Fonte: Jackix (1988).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades desta pesquisa foram conduzidas nas dependências do Departamento de Economia Doméstica, setor de Nutrição Humana e Alimentos da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"- USP - Campus de Piracicaba, SP.

3.1 Matéria-prima

As frutas foram provenientes de Louveira-SP e utilizadas dentro do período máximo de 24 horas após a colheita.

3.1.1 Matéria-prima para elaboração do suco congelado

As frutas foram colhidas em dois estágios de desenvolvimento: verdes (coloração da casca verde) e maduras (coloração da casca completamente vermelha, porém com fruto firme).

3.1.1.1 Matéria prima para determinação do ácido ascórbico

A colheita das frutas para determinação do ácido ascórbico foi realizada em 8 de março de 1996, período alta pluviosidade na região de Louveira-SP.

As características físico-químicas da fruta, como peso, cor, sólidos solúveis totais e pH, foram determinadas e se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas das acerolas utilizadas na determinação do teor de ácido ascórbico no suco.

Características da fruta	Estágio de maturação	
	madura	verde
peso da fruta (g)	4 a 10	3 a 7
cor	vermelha	verde
consistência da fruta	firme	muito firme
pH*	3,6	3,4
sólidos solúveis totais**	6,6	6,2

* Em peagâmetro digital Digimed

** Em refratômetro de leitura direta Atago Co LTDA modelo DBX-30

3.1.1.2 Matéria prima para determinação do β -caroteno

A colheita das frutas para determinação do β -caroteno foi realizada em 19 de novembro de 1996, período de baixa pluviosidade na região de Louveira-SP.

As características físico-químicas da fruta, como peso, cor, sólidos solúveis totais e pH, foram determinadas, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Características físico-químicas das acerolas utilizadas na determinação do teor de β -caroteno no suco.

Características da fruta	Estágio de maturação	
	madura	verde
peso da fruta (g)	5 a 10	3 a 7
cor	vermelha	verde
consistência da fruta	firme	muito firme
pH*	3,8	3,7
sólidos solúveis totais**	7,0	6,5

* Em peagâmetro digital Digimed

** Em refratômetro de leitura direta Atago Co LTDA modelo DBX-30

3.1.2 Matéria-prima utilizada no processamento da geléia

As frutas destinadas ao processamento da geléia foram colhidas no estágio de desenvolvimento maduro (coloração da casca completamente vermelha, porém com fruto firme), quando apresentavam seu melhor sabor, cor e aroma e eram ricas em açúcar e pectina.

A colheita foi feita em 05 de maio de 1997, período baixa pluviosidade na região de Louveira-SP.

As características físico-químicas das frutas utilizadas no processamento da geléia, como peso, cor, sólidos solúveis totais e pH são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Características físico-químicas das acerolas utilizadas na determinação do ácido ascórbico e β -caroteno na geléia.

Características físico-químicas	
peso da fruta (g)	5 a 10
cor	vermelha
consistência da fruta	firme
pH *	3,3
sólidos solúveis totais**	8,7

* Em peagâmetro digital Digimed

** Em refratômetro de leitura direta Atago Co LTDA modelo DBX-30

3.2 Metodologia de processamento

3.2.1 Obtenção do suco congelado

Para cada colheita, do total das frutas colhidas (aproximadamente 6 kg de cada estágio de amadurecimento), foram selecionadas aleatoriamente 2 kg de frutas, que renderam 1100 ml de suco obtido de frutas maduras e 1000 ml de suco de frutas verdes. As frutas passaram por um processo manual de lavagem em água corrente por 1 minuto, seguido de drenagem. A obtenção do suco foi realizada por extração em centrífuga comercial.

Para preparação das amostras, colocou-se 40 ml de suco em sacos de polietileno, os quais foram dobrados, fechados e armazenados em congelador a -18°C durante o período de armazenamento. Doze horas antes da realização das análises, três amostras eram retiradas do congelador (três repetições) e mantidas em refrigeração, até o momento do exame.

O fluxograma da obtenção do suco congelado e descongelamento das amostras no momento das análises pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma da elaboração do suco de acerola congelado e análises químicas.

3.2.2 Processamento da geléia

A geléia foi preparada utilizando-se 4 kg de acerolas lavadas e livres de impurezas. As frutas foram batidas com 1 litro de água filtrada em liquidificador comercial e, em seguida, peneiradas, obtendo-se aproximadamente 4 litros do suco peneirado. Acrescentou-se 750 g de açúcar refinado (branco de mesa) e 1 g de ácido cítrico por litro dessa mistura, que foi cozida lentamente por 90 minutos, sem ultrapassar a temperatura de 104°C, evitando-se assim, a cristalização da sacarose. Durante o processamento da geléia, o material coagulado foi removido com o auxílio de uma escumadeira com o objetivo de deixar a geléia mais límpida.

Determinou-se o ponto final da cocção da geléia pelo ponto de colher (quando o líquido que cobre a espátula de madeira cai na forma de lâminas gelatinosas), pelo índice de refração (medido em refratômetro Atago CO LTDA modelo DBX-30) e pela leitura de pH (em peagâmetro Digimed). Portanto, a geléia só foi considerada pronta quando ela atingiu 63,9° Brix e pH 3,0, valores esses que indicam um melhor equilíbrio entre concentração de sólidos solúveis e acidez para se atingir uma boa consistência da geléia, sem prolongar por muito tempo sua cocção (90 minutos).

Em seguida, a geléia foi estocada em recipientes de vidros esterilizados com sistema de roscas (120g).

O acondicionamento da geléia foi feito em temperatura pouco abaixo do ponto de ebulição (em torno de 93°C) e os recipientes foram fechados enquanto ela ainda estava quente. Após o fechamento, os vidros foram lavados com água quente e em seguida resfriados em imersão em água a 0°C. A geléia foi mantida a 7°C até o momento das análises (1,2,3,4,5 e 6 meses).

O fluxograma da elaboração da geléia pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma da elaboração da geléia de acerola e das análises químicas.

3.3 Análises químicas

3.3.1 Determinação do conteúdo de ácido ascórbico

A determinação do teor de ácido ascórbico no suco e na geléia de acerola foi feita pelo método tritrimétrico 2,6-dicloroindofenol recomendado pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1990), com modificações.

A vitamina que, por esse método deve ser extraída e titulada na presença de solução ácida de ácido acético metafosfórico, nesse experimento, foi substituída pelo ácido oxálico 0,4%, que tanto quanto o outro, consegue manter a acidez necessária. Foram realizados testes preliminares para verificação das quantidades apreciáveis das substâncias e os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico em 100 g da amostra.

Esse método é aplicável somente para a determinação do ácido ascórbico reduzido e baseia-se no princípio de que o ácido ascórbico reduz o 2,6 dicloroindofenol (tinta de cor azul indicadora de óxido redução) para solução sem cor. No final, o excesso do corante não reduzido, torna-se cor de rosa.

3.3.2 Determinação do teor de β -caroteno

As determinações das concentrações de β -caroteno no suco e na geléia foram baseadas no procedimento seguido por Rodriguez-Amaya¹ et al. (1976), citado por Rodrigues (1988). Esse procedimento constituiu-se basicamente de uma extração seguida de cromatografia em coluna para separação do pigmento e leitura em espectrofotômetro B382 Micronal. Os

¹ RODRIGUEZ-AMAYA.; RAYMUNDO, L.C; LEE, T.C.; SIMPSON, K.L.; CHICHSTER, C.O. Carotenoids pigments changes in ripening *Momordica charantia* fruits. *Annals of Botany*, v.40, p.615-624, 1976.

resultados foram expressos em miligramas de β -caroteno por 100 g de amostra.

3.4 Análise sensorial da geléia

A análise sensorial foi realizada subjetivamente com uma equipe de 13 provadores, entre graduandos, pós-graduandos e funcionários da ESALQ, que se declararam consumidores de geléia e apresentaram interesse e disponibilidade para os testes. Aproximadamente 10 g da amostra, em temperatura ambiente, foi servida a cada provador em copo plástico de 50 ml, sempre acompanhada de água com os objetivos de avaliar os atributos de qualidade como, aparência (cor característica e brilho), gosto (nível de acidez e nível de doçura), consistência e aroma e verificar a aceitabilidade da geléia.

As análises sensoriais foram realizadas no tempo zero e depois de 6 meses de armazenamento, considerando-se os mesmos provadores.

O questionário fornecido aos provadores pode ser visto no apêndice 1.

3.5 Análise Estatística

Submeteu-se os resultados obtidos referentes à determinação do ácido ascórbico e do β -caroteno presentes no suco e na geléia de acerola à análise de variância, com aplicação do teste F, em nível de 1% de significância, e à análise de regressão para obter a curva que explica a porcentagem de retenção desses nutrientes em função do tempo de armazenamento.

Os programas estatísticos utilizados nessas análises de regressão foram o programa estatístico SAS (Statistical Analysis System), desenvolvido pelo SAS Institute Inc. e o programa Curve Expert 1.3.

Quanto à análise sensorial da geléia foi realizada uma estatística descritiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Suco de acerola congelado

4.1.1 Ácido ascórbico

Os teores de ácido ascórbico dos sucos obtidos de frutas maduras e verdes no tempo zero e nos diferentes tempos de armazenamento congelado são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Teor de ácido ascórbico (média) em suco congelado obtido de frutas maduras e verdes no tempo zero e durante os 12 meses de armazenamento a -18°C.

Armazenamento (meses)	Teor de ácido ascórbico em suco de frutas maduras	Teor de ácido ascórbico em suco de frutas verdes
	(mg/100 g de suco)	
0	992,908	2384,752
1	935,374	2291,666
3	890,523	2201,797
6	845,353	2171,475
9	820,707	2150,671
12	798,611	2064,043
F (tempo)	194,84**	516,51**

** F é significativo em nível de 1% de significância.

O conteúdo de ácido ascórbico encontrado no tempo zero foi de 992,91 mg/ 100g de suco de frutas maduras e de 2.384,76 mg/ 100g de suco de frutas verdes. Fitting & Miller (1960) encontraram 1110 mg/ 100 g de suco de frutas maduras; Muthukrishinan & Palaniswamy (1972), 1051 a 1736 mg / 100 g de suco de frutas maduras e Aragão et al. (1996), 1040 mg / 100 g de suco obtido de frutas maduras.

Variações do teor desse nutriente na acerola, assim como em outras frutas, podem ocorrer dependendo da localidade do plantio, das práticas de cultivo, do regime pluvial e da exposição à luz do sol no período de desenvolvimento dos frutos (Alves et al., 1993 e Nakasone et al., 1966).

O suco de frutas verdes apresentou um teor de ácido ascórbico superior ao do suco de frutas maduras. Segundo Asenjo (1980), a atividade da enzima ácido ascórbico oxidase é maior nas frutas maduras que nas verdes, e isso pode explicar, pelo menos em parte, tal resultado.

Através da análise de variância, com aplicação do teste F, constatou-se que existe diferença significativa, em nível de 1%, tanto para a variação de ácido ascórbico ocorrida no suco de frutas maduras quanto para a variação no suco de frutas verdes, durante o armazenamento congelado. As tabelas de análises de variância dos resultados são apresentadas no Apêndice 3.

Através da análise de regressão, a função de melhor ajuste dos resultados dos teores de ácido ascórbico em relação ao tempo de armazenamento está representada a seguir pela equação logística (1) referente ao suco de frutas maduras e, pela equação quadrática (2), referente ao suco de frutas verdes:

$$\hat{Y}_i = \frac{786,78889}{1 - 0,2028279e^{-0,1895234138x_i}} \quad ** R^2 = 98\% \quad (1)$$

$x_i \in [0, 12]$ meses de armazenamento.

$$\hat{Y}_i = 2349,422711 - 39,821575x_i + 1,484645x_i^2 \quad ** R^2 = 91\% \quad (2)$$

$x_i \in [0, 12]$ meses de armazenamento.

onde $\hat{Y}_i$ = conteúdo de ácido ascórbico.

x_i = tempo de armazenamento (meses).

As representações gráficas dos teores de ácido ascórbico em suco de frutas maduras e verdes estão ilustradas nas Figuras 6 e 7, respectivamente:

Figura 6 - Teor de ácido ascórbico no suco de acerolas maduras (mg/100g) durante o período de armazenamento de 12 meses.

Figura 7 - Teor de ácido ascórbico no suco de acerolas verdes (mg/100g) durante o período de armazenamento de 12 meses.

Através da análise de regressão, com aplicação do teste F, constatou-se que as equações (1) e (2) foram significativas em nível de 1% de significância. As tabelas das análises da variância da regressão podem ser vistas no Apêndice 4.

As médias estimadas de ácido ascórbico em suco de frutas maduras e as porcentagens de retenção desse nutriente, obtidas a partir da equação (1) dentro do período de 12 meses de armazenamento congelado com relação ao tempo zero, podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5. Média estimada do teor de ácido ascórbico no suco de acerolas maduras obtida pela equação logística e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C.

Armazenamento (meses)	Teor de ácido ascórbico no suco de frutas maduras (média) (mg/100 g)	Retenção de ácido ascórbico* (%)
0	986,97495	100,00
1	945,44416	95,79
3	888,89492	90,06
6	841,53405	85,26
9	816,88489	82,77
12	803,55515	81,42

(*) media em relação ao tempo zero

Tendo como referência o tempo zero, depois de um mês de armazenamento congelado, o suco obtido de frutas maduras perdeu 4,21% de ácido ascórbico; após três meses de armazenamento, houve um decréscimo de 9,94%; após seis meses, 14,74%; após nove meses, 17,23%; e, no final, após doze meses, o conteúdo de ácido ascórbico encontrado foi 18,58% menor que no início, isto é, 81,42% de retenção.

A Tabela 6 mostra as estimativas das médias de ácido ascórbico referentes ao suco de frutas verdes e às porcentagens de retenção e perda desse nutriente, obtidas a partir da equação (2) durante o período de 12 meses de armazenamento congelado em relação ao tempo zero .

Tabela 6. Média estimada do teor de ácido ascórbico no suco de acerolas verdes obtida pela equação quadrática e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C.

Armazenamento (meses)	Teor de ácido ascórbico no suco de frutas verdes (média) (mg/100 g de suco)	Retenção de ácido ascórbico * (%)
0	2349,42271	100,00
1	2311,08578	98,37
3	2243,31979	95,48
6	2163,94048	92,11
9	2111,28478	89,86
12	2085,35269	88,76

(*) medida em relação ao tempo zero

Tendo como referência o tempo zero, após um mês de armazenamento congelado, o suco obtido de frutas verdes perdeu 1,63% de ácido ascórbico; após três meses de armazenamento, houve um decréscimo de 4,52%; após seis meses, 7,89%; após nove meses, 10,14 %; e, no final, após doze meses, o conteúdo de ácido ascórbico encontrado foi 11,24% menor que no início, isto é, 88,76% de retenção.

Pode-se verificar, conforme os resultados obtidos, que a retenção do ácido ascórbico no suco de frutas verdes (88,76%) foi maior que no suco de frutas maduras (81,42%). Fitting & Miller (1960), que pesquisaram os efeitos do congelamento na retenção do ácido ascórbico em suco de acerola elaborado de frutas maduras, encontraram, após 8 meses, um valor de retenção de ácido ascórbico de 82 a 92%. Os resultados obtidos pelo presente trabalho em 12 meses foram bem próximos dos apresentados por esses

pesquisadores. O decréscimo do teor de ácido ascórbico decorre de oxidações, que ocorrem não só na obtenção do suco, mas também durante o armazenamento congelado. A vitamina C está presente nos tecidos vegetais principalmente na forma de ácido ascórbico. Este composto pode ser oxidado de modo reversível a ácido dehidroascórbico que, posteriormente, quando convertido irreversivelmente em ácido 2,3-dicetogulônico, perde sua atividade biológica de vitamina (Elbe, 1986; Eleutério & Oetterer, 1994). Embora o ácido ascórbico seja considerado um dos nutrientes mais sensíveis à oxidação (Eleutério & Oetterer, 1994), a retenção do ácido ascórbico do suco de acerola congelado mostra-se alta.

Acredita-se que algumas substâncias como flavonóides presentes em alguns sucos são inibidores da oxidação enzimática e não enzimática do ácido ascórbico (Henshall, 1982). Portanto, a antocianina, que está presente no suco de acerola, pode estar ajudando a aumentar a estabilidade do ácido ascórbico.

Há duas teorias para explicar o modo de ação dos flavonóides. A primeira, é que esses compostos são agentes complexantes de metais, podendo formar complexos com metais muito facilmente e a segunda, é que os flavonóides interrompem a reação de oxidação do ácido ascórbico agindo como receptor de radicais livres (Henshall, 1982; Elbe, 1986).

Além dos flavonóides, o aumento da concentração de ácidos polibásicos, como o ácido málico, que também está presente no suco de acerola, reduz a atividade catalítica de metais como cobre e ferro, favorecendo a estabilidade do ácido ascórbico (Henshall, 1982; Elbe, 1986).

O teor de ácido ascórbico encontrado no suco de acerolas maduras congelado (845,59 mg / 100 g de suco) foi superior ao encontrado na maioria das frutas fontes de vitamina C na forma *in natura*. Conforme Fonseca et al. (1969), o cajú amarelo possui 215 mg de ácido ascórbico / 100 g da fruta, a goiaba 166 a 169 mg e a uvaia 150 mg. E segundo Moser & Bendich (1991), a

groselha possui 150 a 230 mg / 100 g da fruta, o limão de 50 a 80 mg, o morango, de 40 a 90, o abacaxi, de 20 a 40 e a laranja de 40 a 60 mg.

De acordo com o Recommended Dietary Allowances - RDA (1989), 60 mg de vitamina C por dia é a quantidade mínima necessária para um adulto. No entanto, a maioria dos pesquisadores como Palevic et al. (1989), Anderson (1982), Block (1992) e Ziegler (1991), concorda que doses diárias de 1 g trazem muitos benefícios ao organismo humano e que não há contra indicação quando ingerida através de frutas. Desse modo, a ingestão de 100 g de suco depois do armazenamento de 12 meses é suficiente para suplementar a dieta humana em termos desse nutriente.

4.1.2 β -caroteno

Os teores de β -caroteno dos sucos obtidos de frutas maduras e verdes no tempo zero e nos diferentes tempos de armazenamento congelado são apresentados na Tabela 7.

O conteúdo de β -caroteno encontrado no tempo zero foi de 0,434 mg / 100 g de suco de frutas maduras, o que corresponde a 723 UI de vitamina A e de 0,248 mg / 100 g de suco de frutas verdes (414 UI).

Segundo Benk (1973) e Asenjo (1980), o suco de acerolas maduras contém 0,61 mg %, o que é equivalente a 1017 UI de vitamina A / 100 g de suco.

Alterações do conteúdo de β -caroteno nas frutas podem ocorrer dependendo das variedades cultivadas, do tipo de solo, das condições climáticas e/ou geográficas e do estágio de maturação da fruta na colheita (Rodriguez- Amaya, 1985; Rodrigues, 1988).

O teor de β -caroteno encontrado no suco de frutas maduras foi maior que o encontrado no suco de frutas verdes. Sabe-se que à medida que o fruto amadurece, ocorre uma diminuição da concentração total de clorofila e um aumento acentuado dos teores dos carotenóides totais (Alves et al. ,1993).

Tabela 7. Teor de β -caroteno (média) em suco congelado obtido de frutas maduras e verdes no tempo zero e durante 12 meses de armazenamento a -18°C .

Armazenamento (meses)	Teor de β -caroteno no suco de frutas maduras	Teor de β -caroteno no suco de frutas verdes
	(mg/100 de suco)	
0	0,434	0,248
3	0,389	0,214
6	0,362	0,189
9	0,337	0,179
12	0,303	0,169
F(tempo) =	33,76**	17,14**

** significativo em nível de 1% de significância.

Através da análise de variância, com aplicação do teste F, constatou-se que existe diferença significativa, em nível de 1%, tanto para a variação ocorrida no suco de frutas maduras quanto para a variação no suco de frutas verdes durante o armazenamento congelado. As tabelas das análises de variância podem ser vistas no Apêndice 3.

A função de melhor ajuste do teor de β -caroteno em relação ao tempo de armazenamento está representada a seguir, pela equação exponencial (3), referente ao suco de frutas maduras e, pela equação quadrática (4), referente ao suco de frutas verdes:

$$\hat{Y}_i = 0,430733857e^{-0,02894686x_i} \quad R^2 = 92\% \quad (3)$$

$x_i \in [0,12]$ meses de armazenamento

$$\hat{Y}_i = 0,247723809 - 0,0125825397x_i + 0,00051058x_i^2 \quad R^2 = 87\% \quad (4)$$

$x_i \in [0,12]$ meses de armazenamento.

onde $\hat{Y}_i$ = conteúdo de β -caroteno

x_i = tempo de armazenamento (meses).

Através da análise de variância, com aplicação do teste F, considerando-se a regressão, constatou-se que os ajustamentos das equações (3) e (4) foram significativos em nível de 1% de significância. As tabelas das análises de variância, considerando a regressão, podem ser vistas no Apêndice 4.

As representações gráficas dos teores de β -caroteno nos sucos de frutas maduras e verdes estão ilustradas nas Figuras 8 e 9 respectivamente:

Figura 8 - Teor de β -caroteno no suco de acerolas maduras (mg/100g) durante o período de armazenamento de 12 meses.

Figura 9 - Teor de β -caroteno no suco de acerolas verdes (mg/100g) durante o período de armazenamento de 12 meses.

As estimativas das médias de β -caroteno referentes ao suco de frutas maduras e as porcentagens de retenção desse nutriente obtidas a partir da equação (3) no período de 12 meses de armazenamento congelado (-18°C) em relação ao tempo zero, podem ser observadas na Tabela 8.

Tabela 8. Média estimada do teor de β -caroteno do suco de frutas maduras obtida pela equação logarítmica e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C .

Armazenamento (meses)	Teor de β -caroteno do suco de frutas maduras (mg/100 g)	Retenção de β -caroteno* (%)
0	0,430734	100,00
3	0,394907	91,68
6	0,362060	84,06
9	0,331945	77,06
12	0,304335	70,65

(*) medida em relação ao tempo zero.

Tendo como referência o tempo zero, após três meses de armazenamento congelado, o suco obtido de frutas maduras perdeu 8,32% de β -caroteno; após seis meses de armazenamento, houve uma diminuição de 15,94%; após nove meses, 22,94% e, após doze meses, o conteúdo de β -caroteno encontrado foi 29,35% menor que no início, ou seja, uma retenção de 70,65%.

A Tabela 9 mostra as estimativas das médias de β -caroteno referente ao suco de frutas verdes e as porcentagens de retenção e perda desse nutriente, obtidas a partir da equação quadrática (4) durante o período de 12 meses de armazenamento congelado em relação ao tempo zero.

Tabela 9. Média estimada do teor de β -caroteno no suco de frutas verdes obtida pela função quadrática e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento a -18°C .

Armazenamento (meses)	Teor de β -caroteno no suco em frutas verdes (mg/100 g)	Retenção de β -caroteno* (%)
0	0,247724	100,00
3	0,214571	86,62
6	0,190609	76,94
9	0,175838	70,98
12	0,170257	68,73

(*) medida em relação ao tempo zero.

Tendo como referência o tempo zero, após três meses de armazenamento congelado, o suco obtido de frutas verdes perdeu 13,38% de β -caroteno; após seis meses de armazenamento, houve uma diminuição de 23,06%; após nove meses, 29,02%; e, no final, após doze meses, o conteúdo de β -caroteno encontrado foi 31,27% menor que no início, ou seja, houve uma retenção de 68,73%.

De acordo com os resultados obtidos, a perda de β -caroteno no suco de frutas maduras (29,35%) foi menor que no suco de frutas verdes (31,27%).

Segundo Elbe (1986), a natureza insaturada dos carotenóides faz com que estes sejam suscetíveis à oxidação, que é acelerada pela luz e pela presença de metais pesados. Os principais fatores que afetam o β -caroteno durante o processamento e a estocagem são a oxidação por oxigênio do ar, as mudanças estruturais provocadas pela degradação por enzimas.

Segundo o Recommended Dietary Allowances - RDA (1989), um homem adulto necessita diariamente de 5000 UI e uma mulher, de 4000 UI. Se uma pessoa ingerir 100 g de suco de acerola depois desse suco ter sido congelado por 12 meses, essa pessoa estará consumindo em média 0,304 mg de β -caroteno, ou seja, 506,67UI de vitamina A.

Portanto, a contribuição do teor de β -caroteno proveniente de 100 g de suco congelado de acerola é de 10,14 a 12,67% das necessidades diárias de um indivíduo, conforme o sexo.

O suco de acerolas maduras congelado por 12 meses, que contribui com 506 UI de β -caroteno, é superior quando comparado com outras fontes desse nutriente na forma *in natura*. Por exemplo, segundo os dados da Fundação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (1981), 100 g da porção comestível da amora, fornece 20 UI; da banana maçã, 50 UI; da graviola, 20 UI, do morango, 30 UI; da pera, 20 UI; do abacate 200 UI; da carambola, 300 UI; goiaba, 260 UI e do caju, 400 UI. As frutas que mais se destacam por possuir grande quantidade desse nutriente são o caqui, que apresenta 2.500 UI por 100 g de porção comestível, a pitanga com 2.100 UI, o pequi com 200.000 UI e a manga, com 2300 UI.

4.2 Geléia

4.2.1 Ácido ascórbico

O conteúdo de ácido ascórbico encontrado na fruta utilizada no processamento da geléia foi de 1509,10 mg / 100 g. Após o processamento, o teor de ácido ascórbico foi de 1272,73 mg / 100 g de geléia, portanto, a porcentagem de perda desse nutriente foi de 15,66%.

Os resultados das análises do teor de ácido ascórbico durante o armazenamento de 6 meses da geléia são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10. Teor de ácido ascórbico (média) na geléia de acerola durante o período de 6 meses de armazenamento.

Armazenamento (meses)	Teor de ácido ascórbico (mg/100 g de geléia)
0	1272,727
1	1242,493
2	1203,733
3	1169,467
4	1134,670
5	1118,830
6	1107,547
F(tempo)	25,49**

**significativo em nível de 1% de significância

Através da análise de variância, com aplicação do teste F, constatou-se que existe diferença significativa em nível de 1% de significância para a variação de ácido ascórbico ocorrida na geléia durante o armazenamento. A tabela da análise de variância dos resultados são apresentadas no Apêndice 2.

A função de melhor ajuste do teor de ácido ascórbico em relação ao tempo de armazenamento da geléia, está representada pela equação logística (5):

$$\hat{Y}_i = \frac{947,16572}{1 - 0,2585113102e^{-0.1020260707x_i}} \quad **R^2 = 91\% \quad (5)$$

$x_i \in [0, 6]$ meses de armazenamento.

onde $\hat{Y}_i$ = conteúdo de ácido ascórbico

x_i = tempo de armazenamento (meses).

A representação gráfica dos teores de ácido ascórbico na geléia de acerola pode ser vista na Figura 10.

Figura 10 - Teor de ácido ascórbico na geléia (mg/100g) durante o período de 6 meses de armazenamento.

Através da análise de variância, com aplicação do teste F, considerando-se a regressão, constatou-se que o ajustamento da equação (5) foi significativa em nível de 1% de significância. A tabela da análise de variância pode ser vista no apêndice 3.

As estimativas das médias de ácido ascórbico da geléia obtidas a partir da equação (5) e as porcentagens de retenção desse nutriente durante o período de 6 meses de armazenamento, com relação ao tempo zero, pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11. Média estimada do teor de ácido ascórbico na geléia de acerola considerando a equação de regressão logística e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento.

Armazenamento	Teor de ácido da geléia (mg/100g)	Retenção de ácido ascórbico (%)
0	1277,3839	100,00
1	1235,6011	96,73
2	1200,1522	93,95
3	1169,8452	91,58
4	1143,7648	89,54
5	1121,1912	87,77
6	1101,5603	86,24

Com um mês de armazenamento, a geléia perdeu 3,27% de ácido ascórbico. Tendo como referência o tempo zero, após dois meses de armazenamento, houve uma diminuição de 6,05%; de três meses, 8,42%; de quatro meses, 10,46%; de cinco meses, 12,23%; e no final, após seis meses, o conteúdo de ácido ascórbico encontrado foi de 13,76% menor que no início, ou seja, uma retenção de 86,24%.

Mustard² (1946), citado por Asenjo (1980), verificou que o conteúdo de ácido ascórbico por 100 g de geléia de acerola foi de 599 a 763 mg e a porcentagem de perda desse nutriente, depois de 6 meses de estocagem, foi de 50%.

² MUSTARD, M.J. The ascorbic acid content of some Malpighian fruits and jellies. Science, v. 104, p. 230-231, 1946.

A alta porcentagem de retenção de ácido ascórbico encontrada na geléia (86,24%), é um fator importante, visto que o ácido ascórbico é facilmente degradado, principalmente com aumento da temperatura. Apesar de que a refrigeração da geléia não é uma condição normal de mercado, isso pode ter contribuído para melhorar a retenção desta vitamina. Um outro fator importante que provavelmente contribuiu para aumentar a sua retenção de ácido ascórbico é a adição de ácido cítrico no momento de preparar o produto, pois além de acidificante, ele é também um antioxidante.

Conforme os resultados encontrados, o consumo de 10 g da geléia que foi armazenada por 6 meses pode fornecer ao indivíduo 110,16 mg de ácido ascórbico, quantidade superior ao especificado pelo RDA (1989).

Asenjo & Gonzalez-Alvarez³ (1955) citados por Asenjo (1980), relataram que um bebê de 8 meses, que sofria de escorbuto agudo, foi tratado exclusivamente com geléia de acerola, obtendo-se bastante sucesso na sua recuperação. Essa criança apresentava no início do tratamento, dores intensas nas juntas, gengivite aguda com sangramento e nível quase nulo de vitamina C no sangue e na urina. Três colheres de sopa de geléia por dia, que forneciam 300 mg de ácido ascórbico, foram fornecidas a essa criança. Ao fim de uma semana, o nível de vitamina C no sangue já tinha atingido o nível normal. Na segunda semana, os sinais clínicos desapareceram e, na terceira semana, o nível de vitamina C presente na urina, já havia atingido o nível normal.

³ ASENJO, C.F.; GONZALEZ-ALVAREZ, O . Report of a case of acute infantile scury treated with acerola jelly. **Revista de la Asociacion Salud Publica**, p. 12-13, 1955.

4.2.2. β -caroteno

O conteúdo de β -caroteno encontrado em 100 g da fruta utilizada no processamento da geléia foi de 0,421 mg. O teor de β -caroteno na geléia foi de 0,102 mg / 100 g. Portanto, a porcentagem de perda desse nutriente, foi de 75,78%, ou seja, somente 24,23 % de retenção.

Os resultados das análises do teor de β -caroteno da geléia, durante o armazenamento de 6 meses, são apresentados na Tabela 12.

Tabela 12. Teor de β -caroteno da geléia de acerola (média) durante os 6 meses de armazenamento.

Armazenamento (meses)	Teor de β -caroteno (mg/100 de geléia)
0	0,102
1	0,088
2	0,080
3	0,072
4	0,066
5	0,060
6	0,054
F (tempo)	22,28**

**significativo em nível de 1% de significância.

Através da análise de variância, com aplicação do teste F, constatou-se que existe diferença significativa em nível de 1% de significância, entre o conteúdo β -caroteno no tempo zero e após os 6 meses de armazenamento da geléia. A tabela da análise de variância pode ser vista no Apêndice 3.

A função de melhor ajuste dos resultados referentes ao β -caroteno em relação ao tempo de armazenamento, está representada pela equação de regressão logística (6):

$$\hat{Y}_i = \frac{0,010128499}{1 - 0,9007173781e^{-0,0160242196x_i}} \quad **R^2 = 90\% \quad (6)$$

$x_i \in [0, 6]$ meses de armazenamento

onde, $\hat{Y}_i$ = conteúdo de β -caroteno

x_i = tempo de armazenamento (meses).

A Figura 11 ilustra a representação gráfica da equação de regressão logística para o teor de β -caroteno na geléia de acerola durante a estocagem.

Figura 11 - Teor de β -caroteno na geléia (mg/100g) durante o armazenamento de 6 meses de armazenamento.

Através da análise de variância, com aplicação do teste F, considerando-se a regressão, constatou-se que o ajustamento da equação foi significativa em nível de 1%. A tabela da análise de variância referente à regressão pode ser vista no Apêndice 4.

As estimativas das médias de β -caroteno da geléia, obtidas a partir da equação (6) durante o armazenamento tendo como referência o tempo zero, podem ser observadas na Tabela 13.

Tabela 13. Média estimada do teor de β -caroteno da geléia de acerola considerando a equação logística e sua porcentagem de retenção durante o armazenamento.

Armazenamento (meses)	Teor de β -caroteno da geléia (mg/100)	Retenção de β -caroteno (%)
0	0,10202	100,00
1	0,08916	87,40
2	0,07932	77,75
3	0,07155	70,14
4	0,06526	63,97
5	0,06006	58,87
6	0,05570	54,60

Tendo como referência o tempo zero, com um mês de armazenamento, a geléia perdeu 12,60% de β -caroteno., após dois meses de armazenamento, houve uma diminuição de 22,25%; de três meses, 29,86%; de quatro meses, 36,03%; de cinco meses, 41,13% e no final de seis meses, 45,40%, o que significa uma retenção de apenas 54,60%.

Nessas condições de pesquisa, a geléia de acerola armazenada por 6 meses, forneceu aproximadamente 0,056 mg por 100 g de geléia, ou seja, 93,3 UI. Um indivíduo que consumir 10 g dessa geléia estará consumindo 9,3 UI de vitamina A proveniente de β -caroteno.

Segundo Rodriguez-Amaya (1985); Rodrigues (1988) e Sant' Ana (1995), a principal perda de pigmentos carotenóides ocorre durante o processamento devido ao alto grau de insaturação desses pigmentos, sendo que, as principais causas da sua degradação é a oxidação e a isomerização, levando à perda de cor e valor nutritivo. Durante as várias etapas do processamento, principalmente o aquecimento, as estruturas dos carotenóides podem ser quebradas, expondo os pigmentos à destruição.

4.2.3 Análise sensorial

Os resultados das análises sensoriais da geléia no tempo zero e depois de 6 meses de armazenamento, são apresentados nas figuras a seguir.

A Figura 12 mostra a avaliação sensorial feita pelos provadores quanto à consistência da geléia.

No tempo zero, 76,92% dos julgadores consideraram que a geléia tinha consistência macia ao cortar, porém firme; 15,38%, consideraram-na muito firme e, 7,69%, muito mole. A maior porcentagem de julgadores que consideraram a geléia firme e macia pode ser explicada pelo equilíbrio encontrado na geléia entre a acidez e a concentração de açúcar (pH igual a 3,0 e 63,9° Brix) atingido no ponto final de sua cocção.

Após o armazenamento, 53,84% dos julgadores consideraram-na macia ao cortar porém firme; 38,46%, muito firme e 7,69% acharam a geléia mole, portanto, houve um aumento da porcentagem dos que julgaram a geléia muito firme. O armazenamento da geléia sob refrigeração, provavelmente contribuiu para que ficasse com uma consistência mais firme.

Figura 12 - Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto à consistência da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.

A avaliação feita pelos provadores quanto ao atributo aroma da geléia pode ser observado na Figura 13.

Verificou-se que, no tempo zero, 38,46% dos degustadores julgaram que a geléia possuía aroma natural da fruta; 38,46% acharam que era diferente e 23,08% acharam que o aroma era parecido com o da fruta. Provavelmente a geléia perdeu parte do aroma natural da fruta quando foi submetida à temperatura de cocção durante o processamento, podendo ter ocorrido fragmentações das estruturas do β -caroteno que produzem hidrocarbonetos aromáticos (Sant' Ana, 1995).

Após os 6 meses de armazenamento, nenhum dos julgadores observou o aroma natural da fruta; 53,87% acharam parecido com a fruta e 46,15% acharam diferente.

Figura 13 - Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo aroma da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.

A avaliação feita pelos provadores quanto ao atributo cor da geléia pode ser observado na Figura 14.

Verificou-se que, no tempo zero, 69,23% dos julgadores acharam que a geléia era clara (vermelha) e 30,77% muito clara (vermelho vivo), ninguém a classificou como escura (vermelho queimado) ou muito escura (vermelho com tom de marrom). Após 6 meses, 53,84% dos julgadores consideraram a geléia clara e 30,77% consideraram-na escura. De acordo com esses resultados, pode-se observar que, durante o armazenamento, houve um escurecimento da geléia. Provavelmente, a perda da cor da geleia está relacionada com a oxidação dos pigmentos carotenóides, junto com a perda de seu valor nutritivo.

Figura 14 - Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo cor da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.

Os resultados da avaliação sensorial da geléia quanto ao atributo brilho pode ser visto na Figura 15.

Após o processamento da geléia, 46,16% dos provadores consideraram que a geléia possuía brilho; 30,77% brilho fraco e 23,08%, brilho intenso. Após o armazenamento, 46,15% acharam a geléia com brilho fraco; 30,77% com brilho intenso e 23,08% com brilho.

Figura 15 - Avaliação sensorial feita pelos julgadores quanto ao atributo brilho da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.

A Figura 16 mostra a avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo acidez da geléia.

Pode se observar que 69,23% dos provadores consideraram a geléia ácida; 30,77% muito ácida; 7,69% pouco ácida. Após 6 meses de armazenamento, 61,54% consideraram-na ácida; 15,38% muito ácida; 23,08% pouco ácida. Verificou-se que, de acordo com os provadores, no tempo zero, a geléia apresentou um gosto mais ácido quando comparado com a geléia depois de armazenada. Provavelmente, esse fato está relacionado com o acréscimo de ácido cítrico, que foi necessário se acrescentar para se obter uma geléia mais consistente e, com o armazenamento, pode ter ocorrido um maior equilíbrio entre os componentes da geléia.

Figura 16 - Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo acidez da geléia logo após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.

A Figura 17 mostra a análise sensorial dos provadores quanto ao atributo doce da geléia.

Após o processamento 46,15% dos julgadores acharam a geléia doce; 38,46% pouco doce; 15,38% muito doce, sendo que ninguém a considerou não doce. Após 6 meses de armazenamento, 53,84% consideraram-na doce; 23,08%, muito doce; 23,08%, pouco doce. A porcentagem dos provadores que consideraram a geléia mais doce foi superior na armazenada por 6 meses em relação ao tempo zero. Provavelmente, este fato esteja relacionado com a acidez, que diminuiu nesse período.

Figura 17 - Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto ao atributo doce da geléia logo após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.

A Figura 18, mostra a avaliação sensorial da geléia quanto a aceitabilidade da geléia.

Verificou-se que, após o processamento da geléia, 46,15% dos julgadores gostaram muito da geléia; 53,84% gostaram moderadamente, e nenhum dos julgadores assinalaram os atributos nem gosto nem desgosto, desgosto moderadamente ou desgosto muito. Depois de 6 meses, 30,77% gostaram muito (porcentagem inferior à do tempo zero); 53,84% gostaram moderadamente (porcentagem semelhante à do tempo zero); 7,69%, foram indiferentes e 7,69%, desgostaram moderadamente (porcentagem superior à do tempo zero).

Figura 18 - Avaliação sensorial feita pelos provadores quanto a aceitabilidade da geléia após o processamento e depois de 6 meses de armazenamento.

A aceitabilidade da geléia está relacionada aos atributos organolépticos da geléia, que incluem um conjunto de sensações que vão desde a aparência externa (cor e consistência) até suas características intrínsecas (aroma, doçura, acidez).

Segundo Griswold (1972) e Jackix (1988), a geléia obtida de suco de fruta deve ser clara, brilhante, transparente e, quando retirada do vidro, deve ter consistência macia e firme. Não deve ser açucarada, pegajosa ou viscosa, devendo conservar o gosto e o aroma da fruta original.

De acordo com essa definição, pode-se concluir que, a geléia após o processamento conservou mais esses atributos de qualidade que a geléia armazenada por 6 meses, porém, nenhuma das duas teve índice de rejeição (desgosto muito).

5 CONCLUSÃO

Nas condições do presente estudo, pode-se concluir que:

- ❖ O suco extraído de acerolas verdes possui maior quantidade de ácido ascórbico que o suco de acerolas maduras (2384,75 mg % > 992,91mg %).
- ❖ O suco de acerolas maduras possui maior quantidade de β -caroteno que o suco de frutas verdes (0,434 mg % > 0,248mg %).
- ❖ O suco de acerolas, quando mantido em armazenamento a -18°C por 12 meses, continua sendo uma excelente fonte de ácido ascórbico, apresentando uma retenção de 81,42% no suco de acerolas maduras e 88,76% no suco de frutas verdes. Portanto, o ácido ascórbico do suco de acerola possui boa estabilidade nessas condições de armazenamento.
- ❖ O suco de acerolas, quando mantido em armazenamento a -18°C por 12 meses, apresenta uma retenção de 70,65% de β -caroteno no suco de frutas maduras e 68,73% no suco de frutas verdes.
- ❖ Através da análise sensorial, levando-se em consideração os seguintes atributos de qualidade: consistência, aroma, cor, brilho, acidez e atributo doce, verificou-se que a aceitabilidade da geléia foi maior logo após o processamento do que quando armazenada por 6 meses (sem índice de rejeição nos dois casos).
- ❖ Depois do processamento da geléia, ocorreu uma perda de 15,66% do conteúdo de ácido ascórbico e de 75,78% de β -caroteno.
- ❖ Depois do armazenamento da geléia por 6 meses, a geléia apresentou um índice de 86,24% de retenção de ácido ascórbico e de 54,60% de β -caroteno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, R. E.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M. I. F. **Postharvest physiology of Acerola (*Malpighia emarginata* D. C.) fruits: maturation changes; respiration activity and refrigerated storage at ambient and modified atmosphere.** Lavras: ESAL, Depto. Ciências de Alimentos, 1993. 7p.
- ANDERSON, R. Ascorbic acid and immune functions: mechanism of immunostimulation. In: COUNSELL, J. N.; HORNIG, D. H. **Vitamin C (Ascorbic acid).** New Jersey: Applied Science Publ., 1982. p.249-272.
- ANDERSON, R. Assessment of the roles of vitamin C, vitamin E and β -carotene in the modulation of oxidant stress mediated by cigarette smoke-activated phagocytes. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 53, p. 358-361, 1991.
- ARAGÃO, C.; IKEGAKI, M.; SATO, H.; OLIVEIRA, I.M.; PARK, Y.K. Determination of ascorbic acid concentration in acerola and camu-camu fruit juices by ascorbate oxidase method. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 16, n. 2, p. 175-176, 1996.
- ARAUJO, P. S. R.; MINAMI, K. **Acerola.** Campinas: Fundação Cargill, 1994. 81p.

ARAÚJO, R. L. de. Deficiência de vitamina A: visão. In: SALGADO, J.M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. **Nutrição humana: da gestação à senilidade**, Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz , 1995. p. 190 - 233.

ASENJO, F.C. Nutrient composition, flavor qualities and other characteristics of west indian cherry (WIC). **Abstrats of Papers, American Chemical Society**, v. 176, 1978. / Resumo 2. J132 em Food Science and Tecnology Abstrats, v. 11, n. 2, p. 91, 1978.

ASENJO, F. C. Acerola. In: NAGY, S.; SHAW, P.E. **Tropical and subtropical fruits**. Westport: AVI Publ., 1980. p. 341-374.

ASENJO , F.C.; GUZMAN, A. R. F. The hight ascorbic acid content of the West Indian Cherry. **Science**, v. 103, p. 219, 1946.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington, 1990. p. 1058-1059: Vitamin C (ascorbic acid) in vitamin preparations and juices.

BELDA, M. C. R. Importância da alimentação da criança na idade pré-escolar e escolar. In: SALGADO, J. M. ; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. **Nutrição humana: da gestação à senilidade**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p. 1112 -1165.

BENDER, A. E. **Food processing and nutrition**. London: Academic Press, 1978. p. 43-51: Effects on nutrients.

BENK, E. Tropical and subtropical fruit and fruit products. **Verbraucherdienst-B**, v. 18, n. 10, p. 229-234, 1973.

BLOCK, G. Vitamin C status and cancer: epidemiologic evidence of reduced risk. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 669, p. 280-292, 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos**. Resolução CNNP n. 12/78. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DA ALIMENTAÇÃO. São Paulo: ABIA, 1990. v. 1/A, p.7.6 (78)-7.7 (78).

BURTON, B. **Nutrição humana**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979a. p.135-139: Acido Ascórbico (Vitamina C).

BURTON, B. **Nutrição humana**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1979b. p. 95-99: Vitamina A .

BURTON, G. W. Antioxidant action of carotenoids. **Journal of Nutrition**, v. 119, p. 109-111, 1989.

CAMPILLO, A.; ASENJO, C. F. The distribution of ascorbic Acid, dehydroascorbic acid, and diketogulonic in the acerola fruit at different stages of development. **Jornal of Agriculture of University of Puerto Rico**, v. 41, p. 161-166, 1957.

- CARDOSO, C. E. L.; ANDIA, L. H. ; LOPES, R. L. Estrutura, conduta e desempenho do mercado da acerola no Brasil: um estudo preliminar. In: MARQUES , K.P.V. **Estrutura de mercados agrícolas**. Piracicaba: ESALQ, Deptº de Economia e Sociologia Rural, 1994. p. 163-185.
- COOKE, J.R.; MOXON,R.E.D. The detection and measurement of vitamin C. In: COUNSELL, J.N.; HORNIG, D. H. **Vitamin C (Ascorbic acid)**. New Jersey: Applied Science Publ., 1982. p. 167-198..
- CRUESS, W.V. **Produtos industriais de frutas e hortaliças**. São Paulo: Edgard Blucher, 1973. cap. 14, p. 411-446: Pectina, geléias e geleados.
- ELBE, J. H. Chemical changes in plant and animal pigments during food processing. In: FENNEMA, O.; CHANG, W; YILU,C. **Role of chemistry in the quality of processed food**. Westport: Food and Nutrition Press, 1986. cap. 5, p. 49-51.
- ELEUTERIO, R.M.C.; OETTERER, M. Retenção do ácido ascórbico no processamento de alimentos. In: OETTERER, M. **Processamento e qualidade nutricional dos alimentos**. Piracicaba: ESALQ, Deptº de Ciência e Tecnologia Agroindustrial Alimentos, 1994. v. 1, 27p.
-
- ENSMINGER, A.H.; ENSMINGER, M.E.; KONLANDE, J.E.; ROBSON,J.R.K. **Foods & nutrition encyclopedia**. Boca Raton: CRC Press, 1994. v. 1, p. 884-885: Acerola.
- FITTING, K. O.; MILLER, C. D. The stability of ascorbic acid in frozen and bottled acerola juice alone and combined with other fruit juices. **Food Research**, v. 25, p. 203-210, 1960.

FONSECA, H.; NOGUEIRA, N.; MARCONDES, A.M.S. Teor de ácido ascórbico e β -caroteno em frutas e hortaliças brasileiras. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 19, n.1, p. 9-16, 1969.

FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1994. p. 53-58: Ácido ascórbico.

FREITAS, N. Uma arte com sabor e cor. **Alimentos & Tecnologia**, n. 20, p. 36-40, 1988.

FUNDAÇÃO INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estudo nacional da despesa familiar: tabela de composição de alimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1981. 213 p.

GRISWOLD, R.M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher, 1972. cap. 7, p. 166-199: Conservação de alimentos.

HALLBERG, L. Effect of vitamin C on the bioavailability of iron from food. In: COUNSELL, J. N.; HORNIG, D. H. **Vitamin C (Ascorbic acid)**. New Jersey: Applied Science Publ., 1982. p. 49-61.

HENSHALL, J. D. Ascorbic acid in fruit juices and beverages. In: COUNSELL, J. N.; HORNIG, D. H. **Vitamin C (Ascorbic acid)**. New Jersey: Applied Science Publ., 1982. p. 123-137.

HERRMMANN, K. Übersicht über die chemische zusammensetzung und die inhaltsstoffe einer reihe wichtiger exotischer obstarten. **Zeitschrift Lebensmittel-fuer Untersuchung Forshung**, v. 173, p. 47-60, 1981.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Acerola**. 2.ed. São Paulo, 1995. 61p.

ISLABÃO, N. **Vitaminas: seu metabolismo no homem e nos animais domésticos**. São Paulo: Nobel, 1987. p. 151-155: Vitamina C.

ITOO, S.; AIBA, M.; ISHIHATA, K., Ascorbic acid content in acerola fruit from different production regions and degrees of maturity, and stability during processing. **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, v. 37, n. 9, p. 726-729, 1990.

JACKIX, M.H. **Doces, geléias e frutas em calda**. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1988. cap. 4, p. 85-162: Geléias e doces em massa.

JACQUES, P.; CHYLACK, L. T. Epidemiologic evidenc of a role for the antioxidant vitamins and carotenoids in cataract prevention. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 53, p.352-355, 1991.

KLAUI, H.; PONGRACZ, G. Ascorbic acid and derivatives antioxidants in oils and fats. In: COUNSELL, J. N.; HORNIG, D. H. **Vitamin C (Ascorbic acid)**. New Jersey: Applied Science Publ., 1982. p. 139-166.

KRINSKY, N. I. Effects of carotenoids in cellular and animal systems. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 53, p. 238-246, 1991.

KROMHOUT, D. Essential micronutrients in relation to carcinogeneses. **American Journal Nutrition**, v. 45, p. 1361-1367, 1987.

LEME, J.J. Contribuição ao estudo da geleificação de frutas e do equilíbrio do gel péctico. Piracicaba, 1968. 89p. Tese (Livre-docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

LEME, J.R.; FONSECA, H. ; NOGUEIRA, J. Variação do teor de ácido ascórbico e β -caroteno em cereja das Antilhas (*Malpighia puniceifolia* L.) liofilizada. **Archivos Latinoamericanos de Nutrição**, v. 23, n. 2, p. 207 - 215, 1973.

MAPSON, L. W. Vitamins in fruits. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. New York: Academic Press, 1970. v. 1, cap. 13, p. 369-384.

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

MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J.; ANDERSON, L.; DIBBLE, M. V. **Nutrição**. 16. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978a. p. 92-96: Ácido ascórbico.

MITCHELL, H. S.; RYNBERGEN, H. J.; ANDERSON, L. ; DIBBLE, M. V. **Nutrição**. 16. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978b. p. 76-82: Vitamina A.

MOSER, U.; BENDICH, A. Vitamin C, In: MACHLIN, L. J. **Handbook of vitamins**. New York: Marcel Dekker, 1991. cap. 5, p. 195-232.

MUTHUKRISHNAN, C.R.; PALANISWAMY, P. A study on the West Indian cherry products. **Indian Food Packer**, v. 26, n. 4, p. 34-37, 1972.

NAKASHIMA, T. **Health vinegar**. 1989 US n°. 4806365. 1989.

NAKASONE, H. Y.; MIYASHITA, R. K.; YAMANE, G. M., Factors affecting ascorbic acid content of the acerola (*Malpighia glabra* L.). **American Society for Horticultural Science**, v. 89, p. 161-162, 1968.

ORSONO, M. V. Diferentes métodos de conservacion de pulpas de frutas tropicales. **Revista del Instituto de Investigaciones Tecnológicas**, v. 144, p. 34-48, 1983.

PALEVIC, K; KOS, Z.; SAPAVENTI, S. Antimetabolic activity of L-ascorbic acid in human and animal tumors. **International Journal of Biochemistry**, v. 21, n. 8, p. 931-935, 1989.

PROGRAMA CONJUNTO FAO/OMS SOBRE NORMAS ALIMENTARIAS. Comision del codex alimentarius. Codex alimentarius, texto abreviado. Roma: FAO, 1992. P. 10.1.

PRYOR, W.A. The antioxidant nutrients and disease prevention - what do we know and what do we need to find out?. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 53, p. 391-393, 1991.

RECOMMENDED DIETARY ALLOWANCES NATIONAL. Washington: Academic Press, 1989. 286p.

ROBERTSON, J. M.; DONNER, A. P.; TREVITHICK, J. R. A possible role for vitamins C and E in cataract prevention. **American Journal Clinical Nutrition**, v. 53, p. 346-351, 1991.

- RODRIGUES, R. S. M. Carotenóides com atividade pró-vitáminica A de hortaliças folhosas e suas alterações com o cozimento. São Paulo, 1988. 140p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Os carotenóides como precursores de vitamina A. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 4, p. 227-332, 1985.
- RONCADA, M.J.; WILSON, D.; MAZZILLI, R. N.; GANDRA, Y.R. Hipovitaminose A em comunidades do Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 15, n. 3, p. 338-349, 1981.
- SANT'ANA H.M.P. Efeito do método de preparo sobre a estabilidade de carotenóides em cenoura (*Daucus carota L.*). Viçosa, 1995. 115p. Dissertação (M.S.) - Universidade Federal de Viçosa.
- SOLER, M.P. **Industrialização de geléias**. Campinas: ITAL, 1991. 72p. (ITAL. Manual Técnico, 7).
- SZARFARC, S. C. A anemia por deficiência de ferro. In: SALGADO, J. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. **Nutrição humana**: da gestação à senilidade. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1995. p. 1112 -1165.
- WILSON, E.D.; SANTOS, A.C.; OLIVEIRA, J.E.D. Vitamina C. In: OLIVEIRA, J.E.D. **Nutrição básica**. São Paulo: Sarvier, 1982. cap. 11, p. 181-188.

ZIEGLER, R. G. Vegetables, fruits, and carotenóids and risk of cancer.
American Journal Clinical Nutrition, v. 53, p. 251-259, 1991.

APÊNDICE 1

Questionário da análise sensorial da geléia

Questionário do julgador:

Nome: _____

Data: _____

1. Indique marcando com um X sua opinião a respeito dos atributos em cada categoria abaixo:

CONSISTÊNCIA

☐ muito firme ☐ macia ao cortar porém firme ☐ mole ☐ muito mole

AROMA

☐ natural da fruta ☐ parecido com a fruta ☐ diferente ☐ muito diferente

APARÊNCIA***cor***

☐ muito clara ☐ clara ☐ escura ☐ muito escura

brilho

☐ brilho intenso ☐ brilho ☐ brilho fraco ☐ sem brilho

GOSTO

☐ muito doce ☐ doce ☐ pouco doce ☐ não doce

☐ muito ácido ☐ ácido ☐ pouco ácido ☐ não ácido

2. Avaliação geral: faça uma marca no quadro que expressa sua opinião a respeito da aceitabilidade do produto:

- ☐ gosto muito
- ☐ gosto moderadamente
- ☐ nem gosto nem desgosto
- ☐ desgosto moderadamente
- ☐ desgosto muito

APÊNDICE 2

Tabelas dos resultados da análise sensorial da geléia

Tabela da análise sensorial quanto ao atributo consistência da geléia.

	tempo zero		6 meses
		%	
muito firme	15,38		38,46
macia ao cortar e firme	76,92		53,84
mole	7,69		7,69
muito mole	0		0

Tabela da análise sensorial quanto ao atributo aroma da geléia.

	tempo zero		6 meses
		%	
natural da fruta	38,46		0
parecido com o da fruta	23,08		53,87
diferente	38,46		46,15
muito diferente	0		0

Tabela da análise sensorial quanto ao atributo cor da geléia.

	tempo zero		6 meses
		%	
muito clara	30,77		15,38
clara	69,23		53,84
escura	0		30,77
muito escura	0		0

Tabela da análise sensorial quanto ao atributo brilho da geléia.

	tempo zero	%	6 meses
brilho intenso	23,08		30,77
brilho	46,15		23,08
brilho fraco	30,77		46,15
sem brilho	0		0

Tabela da análise sensorial quanto ao atributo acidez da geléia.

	tempo zero	%	6 meses
muito ácido	23,08		15,38
ácido	69,23		61,54
pouco ácido	7,69		23,08
não ácido	0		0

Tabela da análise sensorial quanto ao atributo doce da geléia.

	tempo zero	%	6 meses
muito doce	15,38		23,08
doce	46,15		53,84
pouco doce	38,46		23,08
não doce	0		0

Tabela da análise sensorial quanto à aceitabilidade da geléia.

	tempo zero	6 meses
	<u> </u>	<u> </u>
	%	
gosto muito	46,15	30,77
gosto moderadamente	53,84	53,84
nem gosto nem desgosto	0	7,69
desgosto moderadamente	0	7,69
desgosto muito	0	0

APÊNDICE 3

Tabelas das análises de variância para variação do teor de ácido ascórbico e de β -caroteno no suco e na geléia de acerola

Análise de variância para diminuição do ácido ascórbico no suco de acerolas maduras congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Tempo	5	81769,30458	16353,86092	194,84**
Resíduo	12	1007,20624	83,93385	
Total	17	82776,51083		

** significativo em nível de 1% de significância

C.V. = 1,040380 $R^2 = 98,78\%$

Análise de variância para diminuição do ácido ascórbico no suco de acerolas verdes congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Tempo	5	190736,5477	38147,3095	516,51**
Resíduo	12	886,2760	73,8563	
Total	17	191622,8237		

** significativo em nível de 1% de significância

C.V. = 0,388738 $R^2 = 99,54\%$

Análise de variância para diminuição do β -caroteno no suco de acerolas maduras congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Tempo	4	0,03017373	0,00754343	33,76**
Resíduo	10	0,00223467	0,00022347	
Total	14	0,03240840		

** significativo em nível de 1% de significância

C.V. = 4,097807 $R^2 = 93,10\%$

Análise de variância para diminuição do β -caroteno no suco de acerolas verdes congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Tempo	4	0,01218707	0,00304677	17,14**
Resíduo	10	0,00177733	0,00017773	
Total	14	0,01396440		

** significativo em nível de 1% de significância

C.V. = 6,672506 $R^2 = 87,27\%$

Análise de variância para diminuição do ácido ascórbico na geléia de acerola.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Tempo	6	72624,26039	12104,04340	25,49**
Resíduo	14	6647,72893	474,83778	
Total	20	79271,98932		

** significativo em nível de 1% de significância

C.V. = 1,849034 $R^2 = 91,61\%$

Análise de variância para diminuição do β -caroteno em geléia de acerola.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Tempo	6	0,00499162	0,00083194	22,28**
Resíduo	14	0,00052267	0,00003733	
Total	20	0,00551429		

** significativo em nível de 1% de significância

C.V. = 8,177955 $R^2 = 90,52\%$

APÊNDICE 4

Tabelas de análise de regressão com aplicação do teste F

Análise de regressão logística com aplicação do teste F referente ao ácido ascórbico no suco de acerolas maduras congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	81188,369	81188,369	817,94**
Resíduo	16	1588,142	99,258875	
Total corrigido	17	82776,511		

** significativo em nível de 1% de significância

Análise de regressão quadrática com aplicação do teste F referente ao ácido ascórbico no suco de acerolas verdes congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	174501,310	87250,655	76,44**
Resíduo	15	17121,506	1141,4337	
Total corrigido	17	191622,824		

** significativo em nível de 1% de significância

Análise de regressão exponencial com aplicação do teste F referente ao β -caroteno no suco de acerolas maduras congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	0,0299450	0,0299450	158,105**
Resíduo	13	0,0024620	0,00018938	
Total corrigido	14	0,0324084		

** significativo em nível de 1% de significância

Análise de regressão quadrática com aplicação do teste F variância da equação referente ao β -caroteno no suco de acerolas verdes congelado.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Regressão	2	0,0121390	0,0121390	79,81**
Resíduo	12	0,0018254	0,00015212	
Total corrigido	14	0,0139644		

** significativo em nível de 1% de significância

Análise de regressão logística com aplicação do teste F referente ao ácido ascórbico na geléia de acerola.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	72005,469	72005,4690	188,27**
Resíduo	19	7266,520	382,448421	
Total corrigido	20	79271,989		

**significativo em nível de 1% de significância

Análise de regressão logística com aplicação do teste F referente ao β -caroteno na geléia de acerola.

Fonte	GL	SQ	QM	F
Regressão	1	0,00498	0,00498	177,86**
Resíduo	19	0,0005340394	0,000028	
Total corrigido	20	0,005514286		

** significativo em nível de 1% de significância