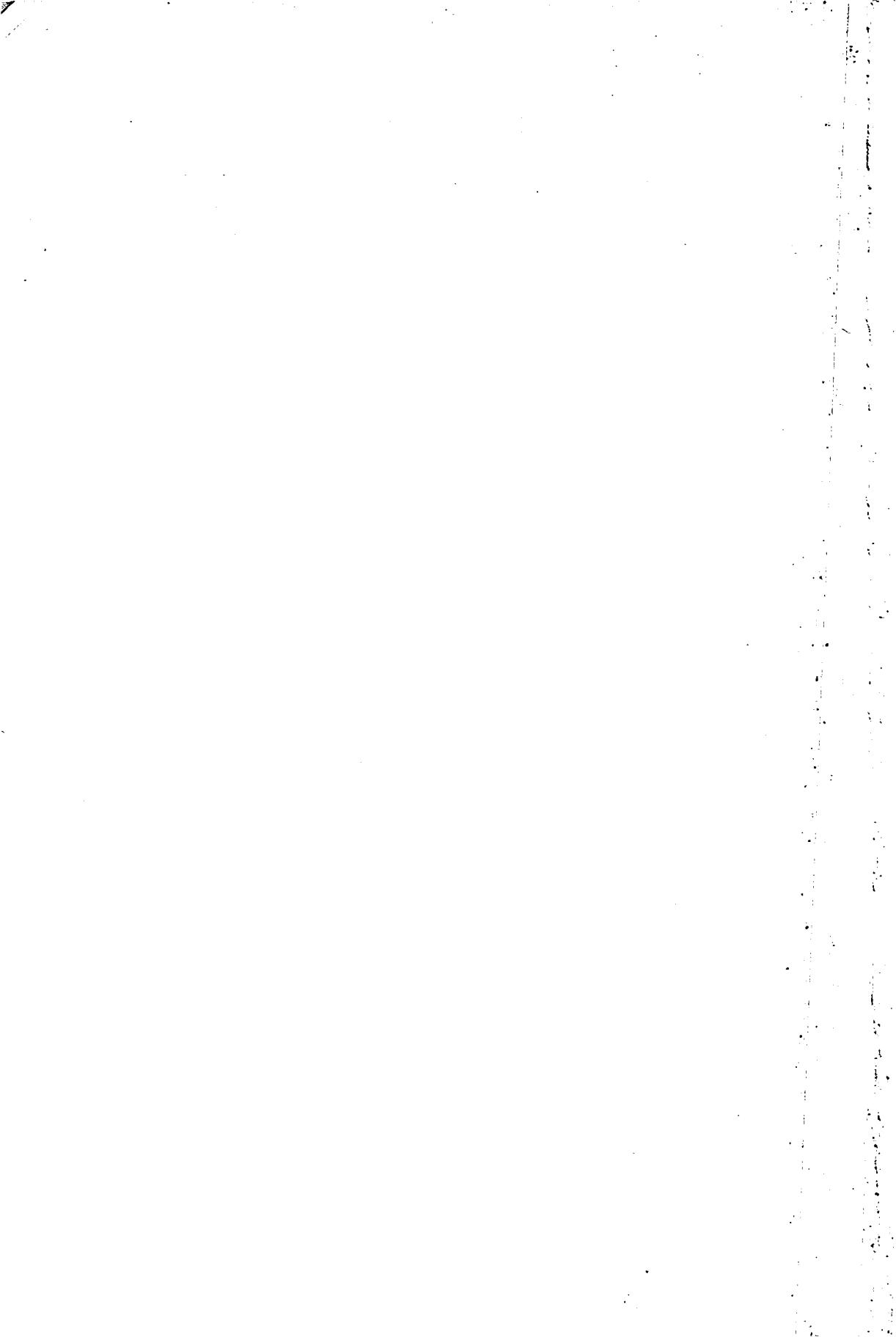


**QUALIDADE DE ACEROLA SUBMETIDA
À DIFERENTES CONDIÇÕES DE
CONGELAMENTO, ARMAZENAMENTO E
APLICAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CÁLCIO**

RICARDO ELESBÃO ALVES

1999



RICARDO ELESBÃO ALVES

**QUALIDADE DE ACEROLA SUBMETIDA À DIFERENTES
CONDIÇÕES DE CONGELAMENTO, ARMAZENAMENTO
E APLICAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CÁLCIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Fisiologia Pós-Colheita, para obtenção do título de "Doutor".

Orientador
Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
1999

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Alves, Ricardo Elesbão

Qualidade de acerola submetida à diferentes condições de congelamento, armazenamento e aplicação pós-colheita de cálcio / Ricardo Elesbão Alves. – Lavras : UFLA, 1999.

117p. : il.

Orientador: Adimilson Bosco Chitarra.

Tese (Doutorado) – UFLA.

Bibliografia

1. Acerola – *Malpighia emarginata* D.C. 2. Qualidade. 3. Pós-colheita. 4. Congelamento. 5. Cálcio. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-664.80423

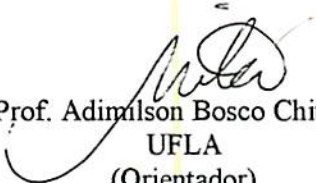
RICARDO ELESBÃO ALVES

**QUALIDADE DE ACEROLA SUBMETIDA À DIFERENTES
CONDIÇÕES DE CONGELAMENTO, ARMAZENAMENTO
E APLICAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CÁLCIO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, área de concentração em Fisiologia Pós-Colheita, para obtenção do título de "Doutor".

APROVADA em 03 de maio de 1999

Prof. Maria Isabel Fernandes Chitarra	UFLA
Prof. José Fernando Durigan	UNESP
Prof. Luiz Carlos Donadio	UNESP
Pesq. Heloisa Almeida Cunha Filgueiras	EMBRAPA


Prof. Adimilson Bosco Chitarra
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	iii
CAPÍTULO I.....	01
1 Introdução Geral.....	01
2 Referencial Teórico.....	03
2.1 Aspectos Gerais.....	03
2.2 Atributos de Qualidade da Acerola.....	04
2.2.1 Características Físicas.....	05
2.2.2 Cor.....	05
2.2.3 Sólidos Solúveis e Açúcares.....	06
2.2.4 Acidez e pH.....	07
2.2.5 Vitamina C.....	08
2.3 Conservação Pós-Colheita da Acerola.....	10
2.3.1 Congelamento.....	13
2.3.2 Danos Por Congelamento.....	15
2.3.3 Cálcio.....	19
3 Referências Bibliográficas.....	20
CAPÍTULO II: Qualidade de acerola submetida a diferentes condições de congelamento e armazenamento.....	35
Resumo.....	35
Abstract.....	36
1 Introdução.....	36
2 Material e Métodos.....	38
2.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos.....	38

	Página
2.2 Instalação e condução dos ensaios.....	39
2.3 Análises.....	41
2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	42
3. Resultados e Discussão.....	43
3.1 Danos por congelamento.....	43
3.2 Características físico-químicas e químicas.....	48
4 Conclusões.....	59
5 Referências Bibliográficas.....	59
CAPÍTULO III: Qualidade de acerola congelada submetida à aplicação pós-colheita de cálcio associado a aditivos.....	64
Resumo	64
Abstract.....	65
1 Introdução.....	65
2 Material e Métodos.....	67
2.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos.....	67
2.2 Instalação e condução dos ensaios.....	69
2.3 Análises.....	70
2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	71
3 Resultados e Discussão.....	72
3.1 Danos por congelamento.....	72
3.2 Características físico-químicas e químicas.....	78
4 Conclusões.....	84
5 Referências Bibliográficas.....	85
CAPÍTULO IV: Cálcio e pectinas em acerola congelada submetidas à aplicação pós-colheita de cálcio associado a aditivos.....	90
Resumo.....	90
Abstract.....	91

	Página
1 Introdução.....	91
2 Material e Métodos.....	92
2.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos.....	93
2.2 Instalação e condução dos ensaios.....	94
2.3 Análises.....	96
2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas.....	96
3. Resultados e Discussão.....	97
3.1 Cálcio.....	97
3.2 Pectinas.....	100
4 Conclusões.....	102
5 Referências Bibliográficas.....	102
ANEXO.....	106

RESUMO

ALVES, R.E. **Qualidade de acerola submetida à diferentes condições de congelamento, armazenamento e aplicação pós-colheita de cálcio.** Lavras: UFLA, 1999. 117p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos)*

Os experimentos foram desenvolvidos em duas etapas, utilizando-se as dependências e instalações de uma empresa produtora e exportadora (Mossoró Agro-industrial S.A.), em Mossoró, RN, com os seguintes objetivos: avaliar o potencial de conservação de acerolas submetidas ou não a pré-resfriamento seguido de congelamento lento ou rápido, e armazenadas em diferentes condições; verificar o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio em diferentes concentrações, associado ou não a aditivos sobre as características físicas, físico-químicas e químicas de acerola congelada, assim como a influência sobre os teores de cálcio e pectinas da mesma. Na primeira etapa foram realizados quatro ensaios, nos quais depois da colheita e seleção, os frutos foram pré-resfriados (14°C) ou não, por 10 minutos, e congelados em câmara (-15°C) durante 24 horas ou em túnel de nitrogênio líquido (-71°C) durante 8 minutos. Os frutos congelados foram embalados em sacos de polietileno para 500 g, dispostos em caixas de papelão para 18 Kg e armazenados por 80 dias em três diferentes condições: câmara (-10±3°C), *container* (-16±2°C) e *freezer* doméstico (-18±2°C). Foram feitas avaliações a cada 10 dias quanto a danos por congelamento, sólidos solúveis, pH e acidez, e a cada 20 dias quanto ao teor vitamina C. Na segunda etapa, foram realizados mais dois ensaios, onde depois da colheita e seleção, os frutos foram submetidos a tratamentos por imersão (2 minutos) e congelados (-20°C) durante 24 horas. No primeiro ensaio os frutos foram imersos em soluções contendo 0, 50, 100 ou 200 mM de Ca e no segundo associou-se estas aos aditivos 0,5% de ácido cítrico e 0,03% de ácido ascórbico. Os frutos foram embalados em sacos de 250 g, dispostos nas caixas de papelão e armazenados por 4 meses (-20°C). Foram feitas avaliações a cada mês quanto a danos por congelamento, sólidos solúveis, açúcares solúveis, pH, acidez, vitamina C e cálcio, e no final dos experimentos, dos teores de antocianinas totais e pectinas. Acerolas pré-resfriadas e armazenadas a -16°C se conservaram por 80 dias mesmo quando submetidas ao congelamento lento. O surgimento de danos por congelamento durante o armazenamento ocorreu a partir de 10 dias e se intensificou a partir dos 30 nas acerolas armazenadas em câmara (-10°C). Com exceção das acerolas submetidas a congelamento lento sem pré-resfriamento, não ocorreram alterações significativas nas características físico-químicas e químicas. Os melhores resultados em relação à manutenção da cor

dos frutos foram obtidos com a aplicação de cálcio na concentração de 200 mM associado ou não a aditivos. Com exceção da concentração de 200 mM de cálcio, a associação com aditivos manteve os teores de antocianinas totais mais altos. Não ocorreram alterações significativas na qualidade interna dos frutos durante o armazenamento (4 meses). Os frutos tratados com cálcio apresentaram teores médios de Ca total, solúvel e insolúvel superiores às testemunhas, acompanhando a ordem crescente das dosagens. A concentração de 200 mM de Ca promoveu um incremento de 10% no teor de Ca insolúvel em relação às testemunhas. Ocorreu menor solubilização de pectinas à medida em que se aumentou a dose de Ca.

*Orientador: Adimilson Bosco Chitarra - UFLA

ABSTRACT

ALVES, R.E. **Quality of Frozen Acerola Submitted to different conditions of freezing, storage, and Postharvest Application of Calcium.** Lavras: UFLA, 1999. 117p. (Thesis – Doctor Program in Food Science)*

Two sets of experiments were carried out using the fittings and equipment of MAISA, a commercial producing company in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. The first set comprised four assays for which, after harvest and selection according to the procedures adopted by MAISA, fruits were either pre-cooled (14°C / 10 minutes) or not, frozen either in cold room (15°C / 24 h) or liquid nitrogen tunnel (-71°C / 8 minutes). Frozen fruits were packed in 500g bags, arranged in commercial 18kg cardboard boxes and stored for 80days under three different conditions: domestic freezer ($-18^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), container ($-16\pm 2^{\circ}\text{C}$) and cold room ($-10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$), the last two in commercial use. Fruits were evaluated at 10 day intervals for color, freezing damage, total soluble solids, pH and titrable acidity, and at 20 day intervals for vitamin C content. The second set of experiments was comprised by two assays, for which after harvest and selection according to the usual procedures, fruits were immersed for 2 minutes in different solutions before being frozen at -20°C / 24h. For the first assay fruits were dipped in solutions containing 0; 50; 100 or 200 mM calcium, and for the second assay the same solutions were added with 0.5% citric acid + 0.03% ascorbic acid. Frozen fruits were packed in 250g bays, arranged in commercial 18kg cardboard boxes and stored for 4 months. Fruits were evaluated at 1 month intervals for color, freeze damage; pH; titrable acidity and contents of soluble solids, vitamin C and calcium. At the end of the assay anthocyanin and pectin contents were evaluated. No changes were noticed in acerolas maintained in domestic freezer for 80 days, no matter the freezing method. Pre-cooled fruits stored in container ($-16\pm 2^{\circ}\text{C}$) for 80 days didn't show any damage, even if submitted to slow freezing. Freezing damage (yellow fruits) was first observed after 10 days of storage and increased after 30 days in fruits stored in cold room (-10°C). Except for slow frozen and no pre-cooled acerolas, no chemical and physicochemical changes were observed. The best results for red color maintenance were obtained with 200 mM Ca associated or not to additives. The use of additives resulted in highest levels of anthocyanin, except when associated to 200 mM Ca. In general, no significant changes in Internal quality of fruits were observed during storage (4 months). Total, soluble and insoluble calcium contents were higher in calcium treated acerolas than in controls. Dip in 200 mM calcium solution at promoted a 10% increase in

insoluble calcium as compared to controls. Less pectin solubilization was observed as the calcium concentration increased.

***Adviser: Adimilson Bosco Chitarra - UFLA**

CAPÍTULO I

1 Introdução Geral

O Brasil é atualmente o maior produtor, consumidor e exportador de acerola do mundo (Araújo e Minami, 1994 e Tittoto, Silva e Manica, 1998). O consumo dessa fruta, tanto no mercado interno quanto no externo, deve-se basicamente ao seu elevado teor de vitamina C.

No Japão, maior importador mundial, a acerola é processada e utilizada na fabricação de suco (integral, concentrado e liofilizado), licor, bebidas, balas, goma de mascar, geléia, cápsulas de vitamina C, compota, polpa e molhos. Este mercado, que cresceu consideravelmente entre 1987 e 1992, estabilizou-se, porém há evidentes sinais de reação embora de forma mais lenta (Araújo e Minami, 1994; IBRAF, 1995; Musser, 1995 e Tittoto, Silva e Manica, 1998).

Por outro lado, nos Estados Unidos e Europa, o mercado é promissor, em virtude da pouca oferta de produtos, basicamente cápsulas e sucos (principalmente *blends*). Outro mercado promissor é o da América Latina com destaques para o Chile e o Mercosul, onde a Argentina tem mostrado grande interesse pelo suco de acerola (Bliska e Leite, 1995; IBRAF, 1995; Musser, 1995 e Paiva, 1996).

No mercado interno a acerola é comercializada, principalmente, na forma de fruta congelada (70%), especialmente nos grandes centros urbanos (Bliska e Leite, 1995). A comercialização da fruta fresca tem-se limitado às imediações das regiões produtoras, devido à sua alta perecibilidade tanto à temperatura ambiente como sob refrigeração (Alves, Chitarra e Chitarra, 1995).

Atualmente diversos produtores e/ou processadores de acerola possuem infra-estrutura para o seu beneficiamento, congelamento da fruta *in natura*,

estocagem, e posterior processamento ou distribuição aos supermercados, lanchonetes, sorveterias, varejões e importadores (Bliska e Leite, 1995 e Bleinroth, Menezes e Alves, 1996). A infra-estrutura na distribuição é bastante diversificada, quanto aos métodos e sistemas de congelamento, bem como às condições utilizadas para armazenamento e transporte.

O tempo e a temperatura para congelamento, assim como para armazenamento, levam a alterações físicas, bioquímicas e nutricionais. O congelamento deve ser realizado no menor tempo possível, pois se este processo é lento ou há descongelamento, provocado pelo uso de temperaturas inadequadas durante o armazenamento, ocorrem alterações físicas muito drásticas no produto, que no caso da acerola levam, principalmente, à perda da coloração vermelha, característica da fruta fresca (Bleinroth, Menezes e Alves, 1996). A resistência da parede celular, portanto, é de fundamental importância para maior conservação destes frutos.

Os efeitos do cálcio em pós-colheita de frutos têm recebido muita atenção, visto que as aplicações deste cátion permitem, de maneira efetiva, a manutenção da firmeza do fruto, devido sua função de ligação entre as pectinas ácidas da parede celular e as da lamela média (Pinto Ricardo, 1983; Hepler e Wayne, 1985; Poovaiah, 1988; Awad, 1993 e Axelos et al., 1996).

Face a essas considerações, o presente trabalho teve como objetivos: avaliar o potencial de conservação de acerolas submetidas a pré-resfriamento, seguido de congelamento lento ou rápido e armazenadas em três diferentes condições; verificar o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio, em diferentes concentrações, associados a aditivos sobre as características físicas, físico-químicas e químicas de acerolas congeladas, assim como a influência desta sobre os teores de cálcio e frações pécticas das mesmas.

2 Referencial Teórico

2.1 Aspectos gerais

A aceroleira é uma planta da família Malpighiaceae, originária da América Tropical (Knight, 1980), que adquiriu importância mundial por se constituir em uma das principais fontes naturais de vitamina C. O teor dessa vitamina, comparável ao encontrado no camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh.], fruto nativo da Amazônia (Andrade, 1991), é dezenas de vezes maior que os relatados para os frutos cítricos, tradicionalmente considerados como ricos em vitamina C (São José e Alves, 1995).

Tendo em vista a grande controvérsia na literatura com relação ao nome científico da aceroleira, como salientam Guadarrama (1982) e Alves e Menezes (1995), são necessários alguns esclarecimentos sobre o assunto. O nome científico mais utilizado para designá-la tem sido *Malpighia glabra* L., e a principal sinonímia *Malpighia puniceifolia* L.. No entanto, de acordo com Asenjo (1980), recentes estudos, nos quais os herbários de Linneau e outras importantes fontes foram criticamente examinadas, concluíram que esses dois nomes são realmente sinônimos, mas se aplicam a uma espécie diferente, sendo o nome correto da aceroleira *Malpighia emarginata* D.C..

O cultivo em escala comercial se desenvolveu em algumas regiões tropicais e subtropicais do continente americano, e apenas na década passada, com a crescente demanda do mercado externo, ganhou *status* de pomar comercial no Brasil. Existem, atualmente, plantios comerciais em praticamente todos os estados (Alves, 1996).

2.2 Atributos de qualidade da acerola

Entendendo-se como qualidade, o conjunto de atributos ou propriedades que tornam o fruto apreciado como alimento (Chitarra e Chitarra, 1990), vários são os fatores que influenciam a qualidade e a aceitação da acerola pelos consumidores (Alves, Menezes e Silva, 1995 e Alves, 1996).

Na fruticultura moderna busca-se maior produtividade, visando sempre a racionalização de custos e o poder de competitividade, principalmente quando o produto se destina a exportação. O potencial da acerola como fonte natural de vitamina C é grande, assim como sua capacidade de aproveitamento industrial. Mas, é preciso que se tenha um produto de qualidade uniforme, o que é difícil de se obter com os atuais pomares comerciais, que na sua maioria foram formados por mudas obtidas de sementes. Nesse tipo de plantio, ocorre muita variação na produtividade e na qualidade do fruto (Alves, 1992; Alves e Menezes, 1994a; Alves e Paiva, 1997; Paiva e Alves, 1997 e Paiva e Alves, 1998).

Atualmente, um dos principais problemas enfrentados pelos produtores é a presença de plantas que produzem apenas frutos amarelados, que apesar de apresentarem características internas iguais às dos vermelhos, são pouco aceitos pelos consumidores e compradores, que preferem frutos ou produtos fabricados a partir da acerola com coloração vermelha (Alves e Menezes, 1994b).

O tamanho e os outros atributos de qualidade da acerola tais como sólidos solúveis, acidez total e vitamina C, sofrem influência também de fatores ambientais, principalmente precipitações pluviométricas excessivas, e de fatores pré-colheita como irrigação, adubação e o controle de pragas e doenças (Alves, 1996).

2.2.1 Características físicas

O fruto da aceroleira é uma drupa sub-globosa com superfície lisa ou sensivelmente trilobada, que se dispõe isolada, ou em panículas com duas ou três unidades, em axilas foliares, com pedúnculos curtos. Possui três sementes pequenas, cada uma inclusa em um caroço proeminente, reticulado, de textura apergaminhada e que, algumas vezes, são responsáveis pelo aspecto trilobado (Simão, 1971; Couceiro, 1985; Santos, 1986 e Alves e Menezes, 1995).

As características físicas dos frutos são bastante variáveis e dependem de vários fatores, tais como seleção ou clones, pluviosidade, aplicações de fertilizantes, entre outros (Marino Netto, 1986). A altura dos frutos pode variar de 1 a 2,5 cm, o diâmetro de 1 a 4 cm (Simão, 1971; Santos, 1986; Teixeira, 1987 e Alves e Menezes, 1995), e o peso de 2 a 16 g (Brown, 1966; Simão, 1971; Couceiro, 1985; Marino Netto, 1986; Teixeira, 1987; Alves e Menezes, 1995 e Donadio, Nachtigal e Sacramento, 1998).

Em estudo realizado em Porto Rico, Aróstegui et al. (1955) encontraram variação de 7 a 12,1 g, enquanto que no Brasil, Alves (1989) estudando a composição mineral, e Batista, Mugüet e Beltrão (1991), verificando o comportamento da aceroleira no estado da Paraíba, observaram variações de 4,9 a 7,6 g e de 4 a 6,86 g, respectivamente, no peso dos frutos.

2.2.2 Cor

A coloração da acerola, segundo Asenjo e Moscoso (1950), depende do estágio de maturação, da variedade, das condições edáficas e do tipo de fertilizante utilizado. O fruto apresenta tonalidade verde quando em desenvolvimento, passando com a maturação a amarelo e finalmente a vermelho (Brown, 1966; Simão, 1971; Couceiro, 1985; Marino Netto, 1986; Santos, 1986; Teixeira, 1987; Alves, 1992 e Alves e Menezes, 1995).

As mudanças de cor em frutos, relatam Salunkhe e Desai (1984b), estão associadas geralmente, com a destruição da estrutura cloroplastídica, diminuição no teor de clorofila e síntese de outros pigmentos.

Em acerola observa-se aumento na síntese de carotenóides e degradação da clorofila durante o amadurecimento, sendo que o início do pico na síntese de carotenóides coincide com o mínimo de clorofila, no momento em que o fruto começa a mudar de cor (Guadarrama, 1984 e Alves, Chitarra e Chitarra, 1995). A coloração vermelha característica dos frutos da aceroleira, no entanto, segundo Santini e Huyke (1956c) e Conceição (1997), é devida a presença de um pigmento antocianínico identificado como malvidina 5-G.

2.2.3 Sólidos solúveis e açúcares

Os teores de sólidos solúveis totais (SST) têm sido utilizados como índice de maturidade para alguns frutos, como por exemplo a laranja (Chitarra e Chitarra, 1990). Na acerola, nas condições brasileiras, pode-se encontrar teores de SST variando de 5 até um máximo de 12°Brix, sendo a média em torno de 7-8°Brix (Alves, 1996).

A chuva ou o uso de irrigação excessiva no cultivo da aceroleira, na maioria das vezes, reduz o teor de SST do fruto, pela diluição do suco celular, como acontece em alguns plantios comerciais do Nordeste, onde o teor de SST atinge valores próximos a 5,0°Brix, na época das chuvas.

Durante a maturação ocorre um aumento nos teores de SST e de açúcares. Esse acréscimo é atribuído principalmente, à hidrólise do amido, acumulado durante o crescimento do fruto na planta, em açúcares solúveis totais (AST) (Sigrist, 1992).

Asenjo e Moscoso (1950), trabalhando com seis clones de aceroleira, observaram que nos frutos maduros, os teores de açúcares redutores (AR) eram

superiores aos dos parcialmente maduros, enquanto que para os SST apenas quatro clones apresentavam esse comportamento. Guadarrama (1984) observou elevação de 2,7 para 4,2% nos teores de AR, durante a maturação de acerola, enquanto que Alves, Chitarra e Chitarra (1995), relataram elevação de 2,3 a 4,8%.

Estudando um método para a determinação de açúcares em acerolas, Santini Jr. (1952a) encontrou teores entre 2,9 e 3,7%, tanto para os AST quanto para os AR. Embora, posteriormente, Santini Jr. e Huyke (1956b) tenham demonstrado, através de cromatografia em papel, que os AST da acerola eram compostos principalmente por glicose, frutose e sacarose, observa-se em seu trabalho anterior (Santini Jr., 1952a) e pelo relatado por Alves, Chitarra e Chitarra (1995), que os AR são quase a totalidade dos açúcares, contribuindo a sacarose com muito pouco para o total.

Os teores de SST e açúcares em acerolas variam, principalmente, de acordo com o material vegetal estudado (clone ou variedade). Asenjo e Moscoso (1950) encontraram valores médios de SST variando entre 4,57 e 7,21%, em seis diferentes clones. Analisando frutos maduros para extração da polpa, Brown (1966) observou uma variação de 5,5 a 7,6% nos teores de SST de frutos do clone A1-A33 e de 5,8 a 8,1% do clone B1-B31. Moura et al. (1997), avaliando frutos oriundos de 55 clones selecionados em pomar comercial, na estação chuvosa, encontraram valores de SST variando de 5 a 8,4°Brix.

2.2.4 Acidez e pH

Segundo Kramer (1973) os dois métodos mais comumente usados para medir a acidez de frutos são a acidez total titulável (ATT) e o potencial hidrogeniônico (pH), sendo que o primeiro representa todos os grupamentos

ácidos encontrados, enquanto que o segundo determina a concentração hidrogeniônica da solução.

Para a maioria dos frutos tropicais, o teor de ácidos orgânicos diminui com o amadurecimento. Esse decréscimo é devido à utilização dos ácidos no ciclo de Krebs, durante o processo respiratório (Ulrich, 1970).

Santini Jr. (1952b), utilizando o método de Hartman para ácidos polibásicos, demonstrou que o ácido L-málico representa 50% dos ácidos totais da acerola, sendo o restante representado por 24% de ácido ascórbico, 13% de ácido dehidroascórbico e 13% de outros ácidos não identificados. Posteriormente, Santini Jr. e Huyke (1956a), utilizando a cromatografia em papel, confirmaram a presença do ácido L-málico nesses frutos, porém, dessa vez identificaram também traços de ácido cítrico.

A acidez do suco (% de ácido málico), de acordo com Asenjo (1959), varia entre 1,4% em frutos no início da maturação, para 0,55% em frutos maduros. Essa diminuição, durante a maturação, também foi verificada por Guadarrama (1984), que observou um decréscimo de 0,9% nos frutos verdes para 0,58% nos frutos muito maduros, e por Alves, Chitarra e Chitarra (1995) de 1,65 para 1,08%

Com relação ao pH, não há variação no suco de acerola, mesmo durante a maturação. Na literatura são encontrados valores entre 3 e 3,5 (Asenjo e Moscoso, 1950; Derse e Elvehjem, 1954; Asenjo, 1959; Brown, 1966; Asenjo, 1980; Salunkhe e Desai, 1984a; Batista, Muguét e Beltrão, 1991; Alves et al., 1992 e Alves, Chitarra e Chitarra, 1995).

2.2.5 Vitamina C

O interesse nutricional do suco de acerola é decorrente do alto teor de ácido ascórbico, o qual varia de 1,4 até 3,5% ou mais, utilizado principalmente

para enriquecer misturas com suco de outras frutas (Stahl, 1952 e Pollard e Timberlake, 1971).

Devido também a esses elevados valores, diversos são os trabalhos encontrados na literatura enfocando o ácido ascórbico: seleção de plantas produtoras de frutos mais ricos (Aróstegui et al., 1955 e Moura et al., 1997); desenvolvimento de método de extração (Santini Jr. e Nevarez, 1955); estabilidade da polpa ou do suco, engarrafado e congelado, sozinho ou combinado com sucos de outras frutas (Fitting e Miller, 1960; Rocha, 1988 e Nogueira, 1991) e influência na evolução de CO₂ em suco aquecido (Chan Jr., Yamamoto e Higaki, 1966), entre outros.

Asenjo (1980) relata que o teor de vitamina C na porção comestível do fruto parcialmente maduro a maduro varia, em média, de 0,03 a 2,52%, valores esses encontrados em diversos trabalhos realizados em diferentes regiões geográficas do mundo.

Moura et al. (1997), avaliando 55 clones de aceroleira selecionados em pomar comercial do Brasil, encontraram valores que variaram de 0,47 a 1,64% em frutos maduros colhidos na estação chuvosa.

Quando o fruto é liofilizado, o teor dessa vitamina atinge de 4% até mais de 11% do produto (Fonseca, Nogueira e Leme Jr., 1972; Leme Jr., Fonseca e Nogueira, 1973 e Nogueira, Fonseca e Leme Jr., 1973).

O conteúdo de vitamina C, em muitos frutos (Mapson, 1970) e hortaliças (Watada, 1987), tende a diminuir durante a maturação, devido a atuação principalmente, da enzima ácido ascórbico oxidase (Butt, 1980).

Del Campillo e Asenjo (1957), verificando a distribuição dos ácidos ascórbico (AA), dehidroascórbico (DHA) e dicetogulônico (DCG) em 5 estádios de desenvolvimento da acerola, fizeram algumas observações importantes. Durante a formação do fruto observou-se um rápido aumento no teor de AA,

devido provavelmente às condições ótimas do sistema enzimático responsável pela síntese. Em todos os estádios estudados, o AA nunca foi encontrado em proporção menor que 90% do total da soma dos três e os pequenos teores de DHA e DCG, especialmente o segundo, são produtos mais da síntese do que da catálise. No fruto maduro observou-se um significativamente menor teor de AA.

Esse decréscimo durante a maturação foi relatado em muitos outros trabalhos (Asenjo, 1959; López, 1963; Brown, 1966; Guadarrama, 1984; Itoo, Aiba e Ishihata, 1990; Alves et al., 1992 e Alves, 1993), e pode chegar a 50% ou mais, do teor inicial.

Diversos são os fatores que afetam a síntese e retenção do AA em acerola (Nakasone, Miyashita e Yamane, 1966 e Silva, 1994). Durante o desenvolvimento do fruto evidenciou-se que a concentração de AA atinge o pico entre o 16º e o 18º dia após a antese. Frutos de plantas propagadas sexuadamente apresentam teores um pouco menores que os de plantas obtidas por via assexuada. O sombreamento também reduz significativamente a produção de AA e a exposição direta dos frutos aos raios solares, por mais de 4 horas, após a colheita, causa perdas significativas no teor de AA.

Trabalhos realizados por Fitting e Miller (1958) e Batista, Muguet e Beltrão (1991) demonstraram que o conteúdo de AA nesses frutos é afetado, inclusive, pela localização dos mesmos na planta.

2.3 Conservação pós-colheita da acerola

Apesar dos problemas que ocorrem por ocasião da colheita e da alta perecibilidade da acerola, existem atualmente poucos estudos sobre a conservação do fruto *in natura*, o que não ocorre com seus produtos, tais como: polpa, suco, néctar, geléia, desidratados, pickles, entre outros.

De uma forma geral, os frutos se deterioram rapidamente quando armazenados à temperatura ambiente. Além disso, a produção é sazonal em muitas partes do mundo. Desta forma, torna-se necessário o desenvolvimento de métodos de conservação que prolonguem a vida útil dos frutos, sem que sua estrutura original e composição química sejam alteradas, e consequentemente permitam a oferta destes ou de seus produtos durante todo o ano.

Dentre os métodos de conservação disponíveis, a refrigeração, salientam Chitarra e Chitarra (1990), é o mais utilizado e eficiente para o armazenamento de frutos e hortaliças. Outras técnicas como atmosfera controlada ou modificada são utilizadas, principalmente como complemento do abaixamento de temperatura, pois, na maioria das vezes, não produzem bons resultados individualmente.

Após a colheita, as transformações químicas associadas ao metabolismo respiratório têm continuidade. Como todas as enzimas envolvidas nas reações de síntese e degradação são dependentes da temperatura, a redução desta diminui a taxa respiratória e com ela as alterações bioquímicas, aumentando o tempo de vida do fruto (Bleinroth, 1973; Phan, 1987; Kays, 1991; Kader, 1992 e Seymour, Taylor e Tucker, 1993).

O primeiro relato sobre o uso de refrigeração em acerola trata-se da pesquisa desenvolvida por Burg e Burg (1966), que trabalharam com acerolas da variedade *Florida Sweet*. Os autores observaram nessa pesquisa que a maturação de 50% das acerolas armazenadas a 15°C podia ser retardada de 5 para 13 dias quando a refrigeração era associada à pressão subatmosférica (150 mmHg).

Pantastico et al. (1979) e McGregor (1987) sugerem que a temperatura de 0°C e umidade relativa de 85-90% aumentariam o tempo de vida pós-colheita da acerola para 7 a 8 semanas. Entretanto, estes autores não demonstraram

experimentalmente o uso dessas condições, como também a literatura consultada não faz menção às mesmas com esta eficiência.

Guadarrama (1982), determinando o padrão respiratório de acerolas colhidas no início da maturação (verde alaranjadas) e armazenadas sob diferentes temperaturas (5 a 35°C), observou que os frutos mantidos a 10 e 15°C se conservaram em boas condições por 6 e 8 dias, respectivamente. Em temperaturas superiores a 20°C os frutos se conservaram por, no máximo, 3 dias, enquanto que a partir de 30°C já apresentavam danos. O autor também verificou que no 12^a dia à 5°C, a coloração dos frutos começou a passar do vermelho característico para um amarelo claro, atribuindo estes sintomas a danos pelo frio (*chilling injury*).

Avaliando a influência do estágio de maturação e de condições de armazenamento na conservação da acerola, Carvalho (1992) concluiu que a refrigeração (5,5 a 8°C) prolongou a vida dos frutos por 20 dias. No entanto, as acerolas apresentavam-se com sérios sintomas de enrugamento, a partir dos 6^a dia de armazenamento, quando a perda de peso foi de 11,43%, atingido 41,22% no final do experimento (20 dias). Isto ocorreu basicamente em função das condições utilizadas (50 a 60% de U.R.).

Além da alta susceptibilidade à perda de peso durante o armazenamento refrigerado, as acerolas também se mostram pouco resistentes a patógenos. Carvalho e Grolli (1992), estudando a ocorrência de patógenos pós-colheita em acerolas colhidas no município de Viamão/RS, observaram a presença de *Alternaria* sp e *Fusarium* sp, em uma amostra inicial colocada em câmara úmida. Durante o armazenamento refrigerado (4-7°C) foi detectada a ocorrência de *Alternaria* sp em 93,55% dos frutos infectados, além de *Fusarium* sp. (16,13%), *Aspergillus* sp. (9,67%) e *Penicillium* sp. (6,67%).

Verificando o efeito da refrigeração associada à modificação da atmosfera de armazenamento por filme de cloreto de polivinila (PVC), Alves (1993) observou que acerolas colhidas com início de pigmentação vermelha e armazenadas a 8°C, conservaram-se bem por uma semana, quando recobertos pelo filme. Neste caso a perda de peso não ultrapassou 2%.

Cruz et al. (1995) e Oliva (1995), também avaliando a conservação da acerola sob refrigeração a 8°C, relataram uma vida útil pós-colheita de no máximo 144 horas ou 6 dias. Nos dois casos, porém, os autores armazenaram os frutos em refrigerador doméstico e não acompanharam a perda de peso.

Em trabalho mais recente, Kanesimo et al. (1998) avaliando o efeito de diferentes embalagens associadas à refrigeração (0 e 8°C), relataram que a vida útil dos frutos foi prolongada por 16 dias a 8°C sem que ocorresse mudanças acentuadas na qualidade dos mesmos. No entanto, as notas (escalas de 1-4) atribuídas para doenças e aparência, 2 e 3 respectivamente, mostravam que 25% dos frutos apresentavam podridões e aparência classificada como razoável.

2.3.1 Congelamento

Em função da vida útil pós-colheita da acerola ser relativamente curta sob refrigeração, mesmo quando associada ao uso de embalagens que modificam a atmosfera, o congelamento tem sido utilizado experimental e comercialmente, como a principal alternativa para armazenamento, seja como matéria-prima para o processamento industrial ou durante o transporte e distribuição. Apesar disto, ainda são poucos os estudos relacionados ao uso desta técnica para sua conservação.

Enquanto sob refrigeração, os tecidos vegetais continuam vivos e o metabolismo é retardado. No congelamento, entretanto, as reações metabólicas

são drasticamente reduzidas, porém não totalmente inibidas (Bernhardt, Tocchini e Paschoalino, 1979 e Gruda e Postolski, 1986).

O congelamento tem sido usado, há muitos anos, no mundo inteiro como um dos principais métodos de conservação de frutos perecíveis (Finkle, 1971; Grout, Morris e McLellan, 1991; Salunkhe, Bolin e Reddy, 1991 e Southgate, 1992). O congelamento em condições adequadas garante ao produto características nutricionais e de cor, sabor e aroma que mais se aproximam do produto fresco, quando comparado ao processado, o qual, na maioria das vezes, é exposto a tratamentos químicos (Gruda e Postolski, 1986; Southgate, 1992; Neves Filho, 1991 e 1994 e Carneiro, 1997).

No processo de congelamento, a temperatura do produto é diminuída a um ponto abaixo da temperatura em que a água se transforma em cristais de gelo (Heldman, 1992 e Fellows, 1994). Desta forma, como salientam Cheftel e Cheftel (1992) e Fennema (1996), o congelamento de um tecido começa com a cristalização da água, que ocorre inicialmente nos espaços intercelulares devido à menor concentração de solutos que o suco celular.

Carneiro (1997) salienta também, que nas condições usuais (-18°C) para armazenamento de produtos congelados, a atividade microbiana é praticamente impedida, tendo em vista que os microrganismos não se desenvolvem em temperatura inferior a -10°C. Além disso, a transição água-gelo ainda apresenta a vantagem de fixar a estrutura do tecido e a água, sob a forma de cristais, indisponibilizando-a como solvente e/ou como reativo. Assim, a difusão de compostos químicos no tecido é muito lenta, o que, associado à diminuição na temperatura, contribui para o decréscimo na velocidade da maioria das reações.

Carvalho e Manica (1994), estudando as alterações que ocorrem durante o armazenamento de acerolas congeladas (-19 a -21°C) em três estádios de maturação, relataram que os frutos mantiveram suas características químicas

praticamente inalteradas durante o experimento (40 dias). Santos (1997), avaliando a qualidade pós-colheita de acerola em função de estádios de maturação e condições de armazenamento, também salientou a importância do uso de temperaturas de congelamento em vez da refrigeração, para manutenção das principais características do fruto para processamento, mesmo quando este é armazenado por apenas 6 dias.

Avaliando as variações nos teores de ácido ascórbico de acerolas em função do estágio de maturação e temperatura de armazenamento, Cruz et al. (1995) verificaram que os frutos podiam ser mantidas sem grandes perdas de vitamina C por 15 dias, a -10°C . No entanto, Semensato (1997) observou perdas de até 53% após 90 dias de armazenamento a esta temperatura.

Oliva (1995) e Sanches et al. (1998) armazenaram acerolas congeladas (-18 e -20°C) por 180 dias, e relataram que os frutos mantiveram-se em boas condições durante este período. Apesar disto, Oliva (1995) observou uma perda de 21% no teor de vitamina C, enquanto que Sanches et al. (1998) encontraram redução ainda maior, em torno de 36%.

2.3.2 Danos por congelamento

O processo de congelamento deve ser realizado no menor tempo possível, pois quando realizado lentamente ocorrem alterações físicas muito drásticas no produto (Bernhardt et al., 1979; Reid, 1983; Grout, Morris e McLellan, 1991; Cheftel e Cheftel, 1992; Heldman, 1992 e Fennema, 1996).

Segundo Fellows (1994), o principal efeito do congelamento sobre a qualidade dos alimentos é o dano causado às células pelo crescimento dos cristais de gelo, que é dependente da velocidade de congelamento. No congelamento lento (Figura 1a), os cristais de gelo crescem nos espaços intercelulares deformando e rompendo as paredes das células. A pressão de vapor dos cristais de gelo é

inferior ao de diferentes pontos no interior da célula, propiciando a passagem da água das células para os cristais externos engrossando-os. No congelamento rápido (Figura 1b), os cristais de gelo que se formam, tanto no interior da célula quanto nos espaços intercelulares, são de menor tamanho e mais uniformes, e consequentemente, os danos são bem menores.

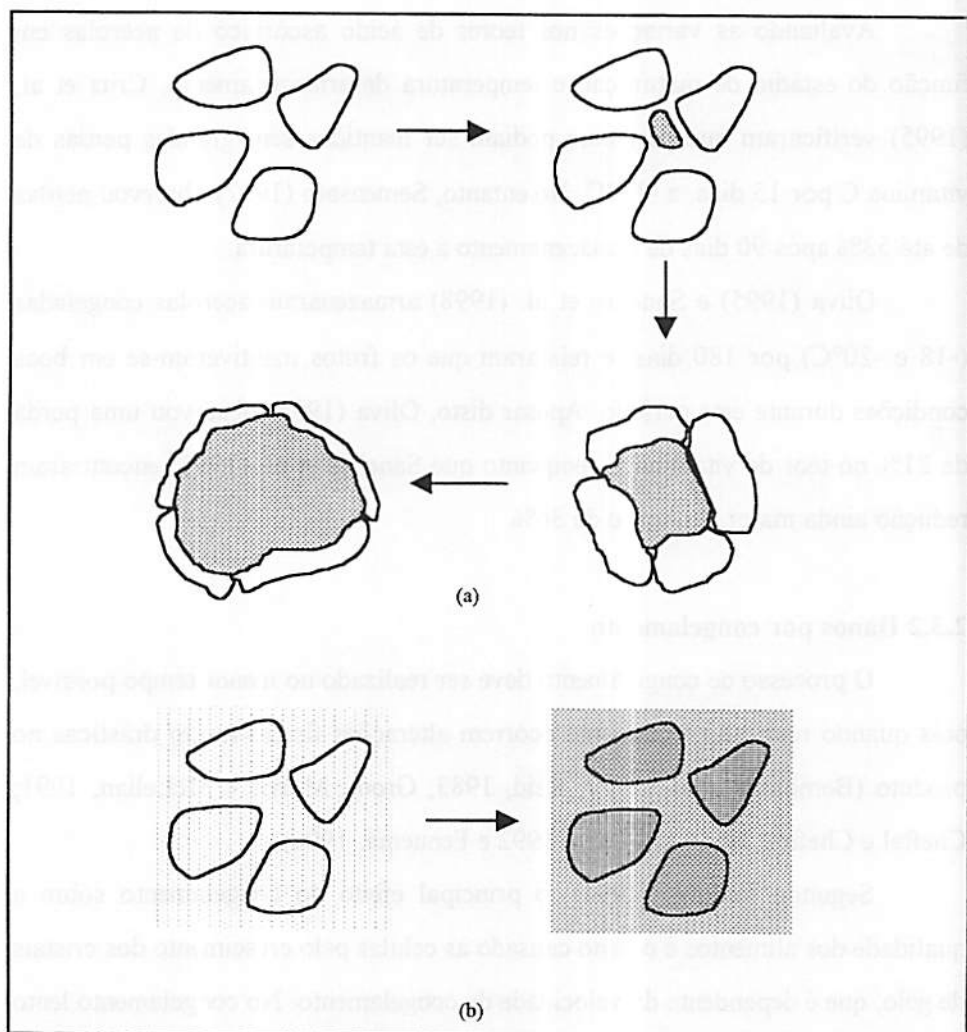


FIGURA 1 Efeito do congelamento sobre os tecidos vegetais: a = lento e b = rápido. (Adaptado de Fellows, 1994).

O congelamento e o descongelamento em células e tecidos, de acordo com Resende (1995), promovem danos estruturais. O maior deles está relacionado às mudanças de permeabilidade das membranas, manifestada pela perda de turgor, perda de fluido e incapacidade das células mudarem de volume sob a ação de soluções hiper e hipotônicas. A formação de cristais de gelo, acrescenta o autor, pode levar a danos irreversíveis da parede celular, lamela média e protoplastos.

Carneiro (1997) salienta que os cristais podem perfurar as membranas permitindo a reação de enzimas e substratos, acelerando assim a desestruturação da célula e o desenvolvimento de danos, incluindo mudanças físicas e organolépticas, entre outras.

Além das perdas de vitamina C, já descritas, que ocorrem durante o armazenamento de acerola congelada, o principal problema observado pelos produtores, processadores e distribuidores desta fruta são as alterações indesejáveis na cor, que passa de vermelho para amarelo (Bleinroth, Menezes e Alves, 1996 e Semensato, 1997). Esta mudança descaracteriza completamente a coloração natural da fruta (Figura 2) e conseqüentemente dos produtos delas derivados, principalmente quando se trata de polpas ou sucos. Apesar disto, praticamente inexistem estudos relacionados às causas que levam a estes danos e/ou sobre tratamentos que possam contribuir para a redução dos mesmos em acerola, ao contrário de outros frutos tradicionalmente comercializados desta forma, como é o caso do morango (Morris et al., 1985; Main, Morris e Wehunt, 1986; Delgado, Rubiolo e Gribaudo, 1990; Wrolstad et al., 1990; Morris, Main e Sistrunk, 1991 e Berbari, 1992).

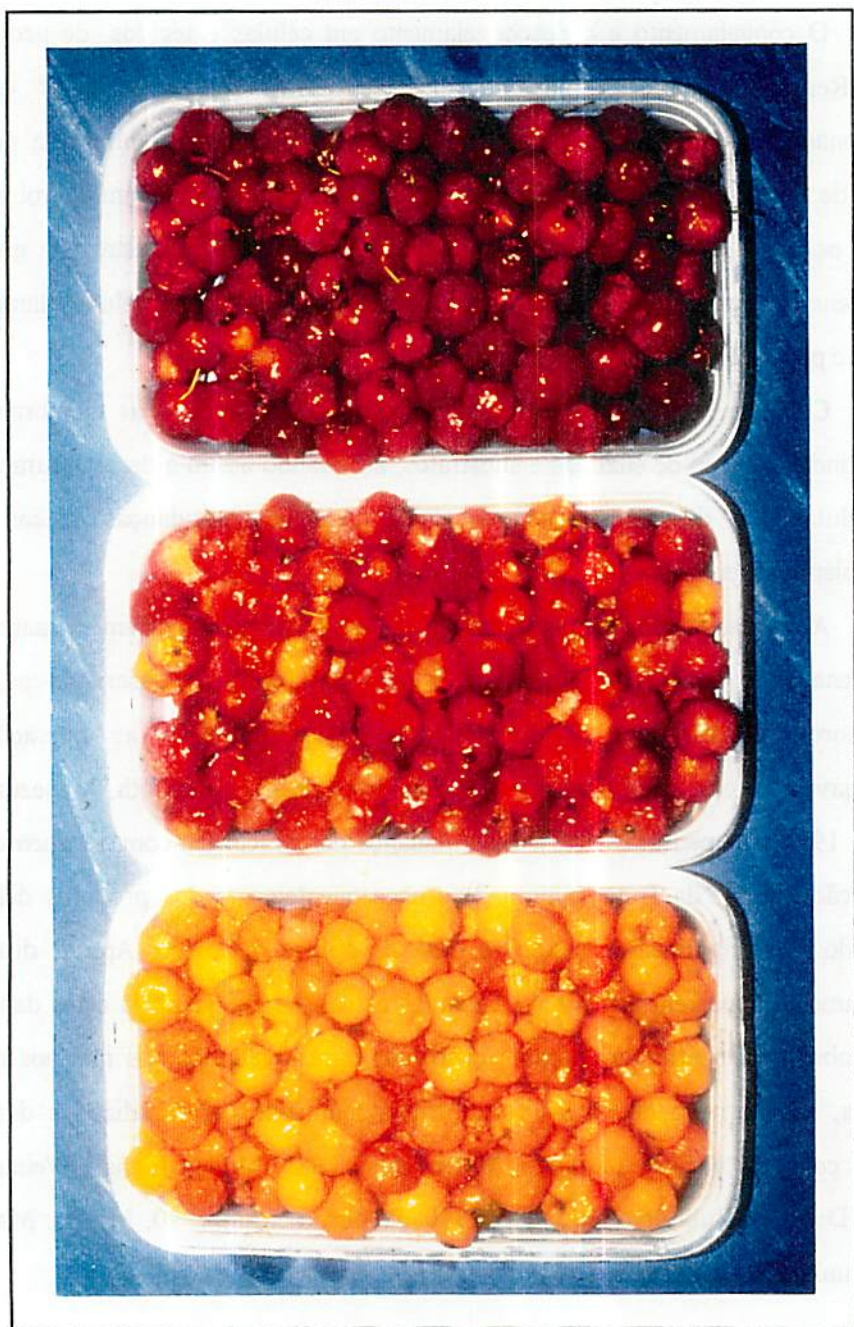


FIGURA 2 Alterações na cor em acerolas congeladas (adaptado de Bleinroth, Menezes e Alves, 1996).

2.3.3 Cálcio

A influência da aplicação de cálcio em frutos tem recebido muita atenção, visto que este cátion produz efeitos positivos no adiamento da maturação e da senescência, mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular, controle de distúrbios fisiológicos e conservação dos frutos (Poovaiah, 1985; Poovaiah, 1986; Poovaiah, 1988; Poovaiah, Glenn e Reddy, 1988; Carvalho e Chalfoun, 1991; d'Auzac, 1994; Ferguson et al., 1995 e Marschner, 1995).

O cálcio participa de maneira efetiva na manutenção da consistência firme do fruto, devido à sua função de ligação das pectinas ácidas da parede celular e da lamela média. A presença do cálcio além de conferir insolubilidade ao material péctico, inibe a degradação pela poligalacturonase-PG, principal enzima responsável pelo amaciamento dos frutos, uma vez que o pectato de cálcio formado é resistente à degradação pela PG (Pinto Ricardo, 1983; Poovaiah, 1985; Hepler e Wayne, 1985; Poovaiah, 1988 e Awad, 1993).

A manutenção da qualidade e da textura pós-colheita de frutos frescos ou congelados, através da aplicação de cálcio em pré e pós-colheita, tem sido observada em diversas espécies, dentre elas: cereja (Alonso, Rodriguez e Canet, 1995 e Alonso, Canet e Rodriguez, 1997), goiaba (Singh, 1988 e Tavares, 1993), kiwi (Gerasopoulos, Chouliaras e Lionakis, 1996), maçã (Wang et al., 1993 e Beavers et al., 1994), manga (Zambrano e Manzano, 1995; Joyce, Beasley e Shorter, 1997 e Freire Jr. e Chitarra, 1998), melão (Fernandes, 1996 e Coccozza, 1997), morango (García, Herrera e Morilla, 1996 e Scalón, 1996), pêsego (Ochei e Basiouny, 1993 e Holland, 1993), pinha ou ata (Lima, Vieites e Souza, 1998), Tomate (Lima, 1991) e uva (Cenci, 1994 e Lima, 1998).

Poovaiah (1986) salienta que o surgimento de desordens fisiológicas pode ter relação com a deficiência de cálcio nos tecidos, pois esta condição provoca alteração da estrutura da parede celular e decréscimo na rigidez da mesma, aumento da microviscosidade da membrana com alteração da sua permeabilidade e posterior perda da compartimentalização.

Apesar do grande número de trabalhos existentes na literatura comprovando o efeito positivo do cálcio nos frutos, como mencionado anteriormente, inexistem estudos sobre as respostas em acerola, fresca ou congelada, à aplicação deste elemento mineral em relação à sua conservação e, conseqüentemente à redução de danos causados pelo congelamento.

3 Referências Bibliográficas

- ALONSO, J.; CANET, W.; RODRÍGUEZ, T. Thermal and calcium pretreatments affects texture, pectinesterase and pectic substances of frozen sweet cherries. *Journal of Food Science*, Chicago, v.62, n.3, p.511-515, 1997.
- ALONSO, J.; RODRÍGUEZ, T.; CANET, W. Effect of calcium pretreatments on the texture of frozen cherries. Role of pectinesterase in the changes in the pectic materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.43, n.4, p.1011-1016, 1995.
- ALVES, R.E. *Acerola (Malpighia emarginata D.C.): fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada*. Lavras: ESAL, 1993. 99p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- ALVES, R.E. Características das frutas para exportação. In: GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.C. et al. *Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.09-12. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21).
- ALVES, R.E. *Contribuição ao estudo da cultura da acerola (Malpighia glabra L.): propagação assexuada e teores de nutrientes*. Areia: CCA/UFPB, 1989. 79p. (Dissertação - Graduação em Agronomia).

- ALVES, R.E. Cultura da acerola. In: DONADIO, L.C.; MARTINS, A.B.G.; VALENTE, J.P. *Fruticultura Tropical*. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p.15-37.
- ALVES, R.E.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Postharvest physiology of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits: maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.370, p.223-229, 1995.
- ALVES, R.E.; MENEZES, J.B. Botânica da aceroleira. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. *Acerola no Brasil: produção e mercado*. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p.14.
- ALVES, R.E.; MENEZES, J.B. Caracterização pós-colheita de acerolas colhidas em plantas propagadas sexuada e assexuadamente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, Salvador, 1994. Resumos ... Salvador, SBF, 1994a. v.1., p.101-102.
- ALVES, R.E.; MENEZES, J.B. Caracterização pós-colheita de acerolas vermelhas e amarelas colhidas em pomar comercial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 13, Salvador, 1994. Resumos ... Salvador, SBF, 1994b. v.1., p.99-100.
- ALVES, R.E.; MENEZES, J.B.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Atividade respiratória e características físico-químicas e químicas de acerolas (*Malpighia emarginata* D.C.) em diferentes estádios de maturação. *Agropecuária Técnica, Areia*, v.13, n.1/2, p.27-34, 1992.
- ALVES, R.E.; MENEZES, J.B.; SILVA, S.M. Colheita e pós-colheita da acerola. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. *Cultura da acerola no Brasil: produção e mercado*. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p.77-89.
- ALVES, R.E.; PAIVA, J.R. Melhoramento genético da aceroleira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTÍFERAS, 1, Jaboticabal, 1997. Anais... Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. 117-119p.
- ANDRADE, J.S. Curvas de maturação e características nutricionais do camu-camu *Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh cultivado em terra firme da Amazônia Central Brasileira. Campinas: UNICAMP, 1991. 177p. (Tese - Doutorado em Ciência de Alimentos).

- ARAÚJO, P.S.R.; MINAMI, K. *Acerola*. Campinas: Fundação Cargill, 1994. 81p.
- ARÓSTEGUI, F.; ASENJO, C.F.; MUÑIZ, A.I.; ALEMAÑY, L. Observations and data on a promising selection of the West Indian cherry, *Malpighia puniceifolia* L.. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.39, n.2, p.51-56, 1955.
- ASENJO, C.F. *Acerola*. In: NAGY, S.; SHAW, P.E. *Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses*. Westport: Avi, 1980. p.341-374.
- ASENJO, C.F. Aspectos químicos y nutritivos de la acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). *Ciência*, Mexico, v.19, n.6-7, p.109-118, 1959.
- ASENJO, C.F.; MOSCOSO, C.G. Ascorbic acid content and other characteristics of the West Indian cherry. *Food Research*, Chicago, v. 15, p.103-106, 1950.
- AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutos*. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.
- AXELOS, M.A.V.; GARNIER, C.; RENARD, C.M.G.C.; THIBAUT, J.F. Interactions of pectins with multivalent cations: phase diagrams and structural aspects. In: VISSER, J.; VORAGEN, A.G.J. *Pectins and pectinases*. London: Elsevier Science, 1996. p.35-45.
- BATISTA, F.A.S.; MUGÜET, B.R.R.; BELTRÃO, A.E.S. Comportamento da aceroleira na Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 10, Fortaleza, 1989. *Anais...* Fortaleza: BNB/SBF, 1991. p.26-32.
- BEAVERS, W.B.; SAMS, C.E.; CONWAY, W.S.; BROWN, G.A. Calcium source affects calcium content, firmness, and degree of injury of apples during storage. *Hortscience*, Alexandria, v.29, n.12, p.1520-1523, 1994.
- BERBARI, S.A.G. *Avaliação da qualidade de algumas variedades de morango para o processo de congelamento*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1992. 90p. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

- BERNHARDT, L.W.; TOCCHINI, R.P.; PASCHOALINO, J.E. Mudanças que ocorrem durante o armazenamento de frutas e hortaliças congeladas. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.16, n.1, p.9-34, 1979.
- BLEINROTH, E.W. Armazenamento de frutos e hortaliças I - Fundamentos teóricos da conservação pelo frio de frutos e hortaliças. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.10, n.34, p.35-53, 1973.
- BLEINROTH, E.W.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.C. et al. **Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.13-21. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21).
- BLISKA, F.M.M.; LEITE, R.S.S.F. Aspectos econômicos e de mercado. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p.107-123.
- BROWN, B.I. Observations on physical and chemical properties of acerola fruits and puree. **Queensland Journal of Agricultural and Animal Science**, Brisbane, v.23, p.599-604, 1966.
- BURG, S.P.; BURG, E.A. Fruit storage at subatmospheric pressures. **Science**, Washington, v.153, p.314-315, 1966.
- BUTT, V.S. Direct oxidases and related enzymes. In: STUMPF, P.K.; CONN, E.E. **The biochemistry of plants: a compressive treatise**. New York: Academic Press, 1980. v.2, p.81-123.
- CARNEIRO, C.S. **Estruturação e morfologia de cristais de gelo sob a influência de concentrações e combinações de substâncias diversas**. Lavras: UFLA, 1997. 135p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- CARVALHO, R.I.N. **Influência do estágio de maturação e de condições de armazenamento na conservação da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 143p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).

- CARVALHO, R.I.N.; GROLLI, P.R. Ocorrência de patógenos durante a frigoconservação de acerolas (*Malpighia glabra*). *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.17, n.2, p.210, 1992.
- CARVALHO, R.I.N.; MANICA, I. Influência de estádios de maturação e condições de armazenamento na conservação da acerola (*Malpighia glabra* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.5, p.681-688, 1994.
- CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. A importância do cálcio na agricultura. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.17-28, 1991.
- CENCI, S.A. Ácido naftalenoacético (ANA) e cloreto de cálcio na pré-colheita de uva Niagara Rosada (*Vitis labrusca* L. X *Vitis vinifera* L.): avaliação do potencial de conservação no armazenamento. Lavras: UFLA, 1994. 109p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- CHAN JR., H.T.; YAMAMOTO, H.Y.; HIGAKI, J.C. Role of ascorbic acid in CO₂ evolution from heated acerola juice (*Malpighia glabra* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.14, p.483-484, 1966.
- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. Métodos de conservación. In: _____. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza: Acibia, 1992. v.2, p.173-300.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- COCOZZA, F.D.M. Aplicação pré-colheita de quelato de cálcio e boro em melão Gália: desenvolvimento e qualidade dos frutos. Lavras: UFLA, 1997. 78p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- CONCEIÇÃO, M.P.J. Cinética da degradação térmica de antocianinas em suco de acerola (*Malpighia glabra* L.). Viçosa: UFV, 1997. 59p. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- COUCEIRO, E.M. Curso de extensão sobre a cultura da acerola. Recife: UFRPE, 1985. 45p. (Apostila).

- CRUZ, V.D.; D'ARCE, L.P.G.; CASTILHO, V.M.; LIMA, V.A.; CRUZ, R.; GODINHO, P.H. Variações no teor de ácido ascórbico de acerolas (*Malpighia glabra* L.) em função do estágio de maturação e temperatura de estocagem. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v.38, n.2, p.331-337, 1995.
- D'AUZAC, J. Le calcium un mensager dans la réponse des plantes aux stimuli. *Plantation, Recherche, Développement*, Montpellier, p.22-27, 1994.
- Del CAMPILLO, A.; ASENJO, C.F. The distribution of ascorbic acid, dehidroascorbic acid and diketogulonic acid in the acerola fruits at different stages of development. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.41, p.161-166, 1957.
- DELGADO, A.E.; RUBIOLO, A.C.; GRIBAUDO, L.M. Characteristics temperatures determination for strawberry freezing and thawing. *Journal of Food Processing*, Westport, v.14, p.231-240, 1990.
- DERSE, P.H.; ELVEHJEM, C.A. Nutrient content of acerola, a rich source of vitamin C. *Journal of the American Medical Association*, Chicago, v.156, n.16, p.1501, 1954.
- DONADIO, L.C.; NACHTIGAL, J.C.; SACRAMENTO, C.K. *Frutas exóticas*. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 279p.
- FELLOWS, P. Congelación. In: _____. *Tecnología del processado de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1994. p.391-421.
- FENNEMA, O.R. Water and ice. In: _____. *Food chemistry*. New York: Marcel Dekker, 1996. p.17-94.
- FERGUSON, I.B.; VOLZ, R.K.; HARKER, F.R.; WATKINS, C.B.; BROOKFIELD, P.L. Regulation of postharvest fruit physiology by calcium. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.398, p.23-30, 1995.
- FERNANDES, P.M.G.C. *Armazenamento ambiente e refrigerado de melão, híbrido Orange Flesh, submetido à aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio*. Lavras: UFLA, 1996. 68p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).

- FINKLE, B.J. Freezing preservation. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v.2, p.656-686.
- 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, Chicago**, v.25, p.203-210, 1960.
- FITTING, K.O.; MILLER, C.D. Variation in the ascorbic acid content of individual fruits of the acerola. **Hawaii Farm Science, Honolulu**, v.7, n.2, p.7, 1958.
- FONSECA, H.; NOGUEIRA, J.N.; LEME JR., J. Influência de alguns compostos químicos na retenção do ácido ascórbico em frutas liofilizadas. **Anais da ESALQ, Piracicaba**, v.29, p.317-326, 1972.
- FREIRE JR., M.; CHITARRA, A.B. Aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio em manga cv. Tommy Atkins associada ao tratamento hidrotérmico. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, 16, Poços de Caldas, 1998. **Anais... Poços de Caldas: SBCTA**, 1998. v.1, p.32-35.
- GARCÍA, J.M.; HERRERA, S.; MORILLA, A. Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington**, v.44, p.30-33, 1996.
- GERASOPOULOS, D.; CHOULIARAS, V.; LIONAKIS, S. Effects of preharvest calcium chloride sprays on maturity and storability of Hayward kiwifruit. **Postharvest Biology and Technology, Amsterdam**, v.7, n.6, p.65-72, 1996.
- GROUT, B.W.W.; MORRIS, G.J.; McLELLAN, M.R. Freezing of fruit and vegetables. In: **Freezing: today and tomorrow**. London: Springer-Verlag, 1991. p.113-122.
- GRUDA, Z.; POSTOLSKI, J. **Tecnología de la congelación de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1986. 631p.
- GUADARRAMA, A.S. Algunos cambios químicos durante la maduración de frutos de semeruco (*Malpighia puniceifolia* L.). **Revista de la Facultad de Agronomía, Maracay**, v.13, n.1/4, p.111-128, 1984.

- GUADARRAMA, A.S.** Cambios quimicos y actividad respiratoria durante la maduración de frutos de semeruco (*Malpighia punicifolia* L.). Maracay: Universidad Central de Venezuela, 1982. 87p. (Trabajo de Ascenso).
- HELDMAN, D.R.** Food freezing. In: HELDMAN, D.R.; LUND, D.B. *Handbook of food engineering*. New York: Marcel Dekker, 1992. p.277-315.
- HEPLER, P.K.; WAYNE, R.O.** Calcium and plant development. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.36, p.397-439, 1985.
- HOLLAND, N.** Conservação pós-colheita de pêssegos (cv. 'Biuti'): interação entre cálcio e temperatura. Lavras: ESAL, 1993. 116p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS.** Acerola. São Paulo, 1995. 61p. (Coleção Soluções Fruta a Fruta, 02).
- ITOO, S.; AIBA, M.; ISHIHATA, K.** Comparison of ascorbic acid content in acerola fruit from different region depend on degree of maturity, and it's stability by processing. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, Isawa-cho, v. 37, n.9, p.726-729, 1990.
- JOYCE, D.C.; BEASLEY, D.R.; SHORTER, A.J.** Effect of preharvest bagging on fruit calcium levels, and storage and ripening characteristics of 'Sensation' mangoes. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.37, p.383-389, 1997
- KADER, A.A.** *Postharvest technology of horticultural crops*. Oakland: University of California, 1992. 296p. (Publication, 3311).
- KANESIRO, M.A.B.; DURIGAN, J.F.; BERTINI, E.F.; JERONIMO, E.M.; TOSTES, D.R.D.** Efeito de embalagens e armazenamento à baixa temperatura na qualidade e vida útil de acerolas. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16**, Poços de Caldas, 1998. *Anais...* Poços de Caldas: SBCTA, 1998. v.1, p.248-251.
- KAYS, S.J.** *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: AVI, 1991. 532p.

- KNIGHT, J. Origin and world importance of tropical and sub-tropical fruits crops. In: NAGY, S.; SHAW, P.E. **Tropical and subtropical fruits: composition, properties and uses.** Westport: Avi, 1980. p.1-120.
- KRAMER, A. Fruits and vegetables. In: KRAMER, A.; TWIGG, B.A. **Quality control for the food industry.** Westport: Avi, 1973. v.2, p.157-227.
- LEME JR., J.; FONSECA, H.; NOGUEIRA, J.N. Variação do teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em cereja das Antilhas (*Malpighia puniceifolia* L.) liofilizada. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v.23, n.2, p.207-217, 1973.
- LIMA, C.L.C.; VIEITES, R.L.; SOUZA, L.G. Uso do cloreto de cálcio na conservação pós-colheita da pinha (*Annona squamosa* L.) armazenada sob refrigeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, Poços de Caldas, 1998. **Anais... Poços de Caldas: SBCTA, 1998. v.1, p.396-398.**
- LIMA, L.C.O. **Bioquímica da parede celular de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), cv Santa Clara: transformações e interação com o cálcio durante a maturação.** Lavras: ESAL, 1991. 100p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- LIMA, M.A.C. **Desenvolvimento, maturação e armazenamento refrigerado de uva 'Itália' sob influência do cálcio.** Fortaleza: UFC, 1998. 110p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- LÓPEZ, A.P. Relation of maturation to some fruit characters of the West Indian cherry. **Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v.47, p.193-200, 1963.
- MAIN, G.L.; MORRIS, J.R.; WEHUNT, E.J. Effect of preprocessing treatments on the firmness and quality characteristics of whole and sliced strawberries after freezing and thermal processing. **Journal of Food Science**, Chicago, v.51, n.2, p.391-394, 1986.
- MAPSON, L.W. Vitamins in fruits. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products.** London: Academic, 1970. v.1, p.369-382.

- MARINO NETTO, L. *Acerola: a cereja tropical*. São Paulo: Nobel/Dieberger, 1986. 94p.
- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: _____. **Mineral nutrition of higher plants**. New York: Academic, 1995. p.229-312.
- McGREGOR, B.H. **Tropical products transportation handbook**. Washington: USDA, 1987. 148p. (Agriculture Handbook, 668).
- MORRIS, J.R.; MAIN, G.L.; SISTRUNK, W.A. Relationship of treatment of fresh strawberries to the quality of frozen fruit and preserves. **Journal of Food Quality**, Westport, v.14, p.467-479, 1991.
- MORRIS, J.R.; SISTRUNK, W.A.; SIMS, C.A.; MAIN, G.L.; WEHUNT, E.J. Effects of cultivar, postharvest storage, preprocessing dip treatments and style of pack on the processing quality of strawberries. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.110, n.2, p.172-177, 1985.
- MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E.; MOSCA, J.L.; PAIVA, J.R.; OLIVEIRA, J.J.G. Fruit physicochemical characteristics of acerola (*Malpighia emarginata*) clones selected in commercial orchards. **Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture**, Guatemala, v.41, 1997. (no prelo).
- MUSSER, R.S. Situação atual e perspectivas da acerola. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p.4-6.
- NAKASONE, H.Y.; MIYASHITA, R.K.; YAMANE, G.M. Factors affecting ascorbic acid content of the acerola (*Malpighia glabra* L.). **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.89, p.161-166, 1966.
- NEVES FILHO, L.C. GT "alimentos resfriados e congelados". In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 14, São Paulo, 1994. **Relatório dos Grupos de Trabalho**, São Paulo: SBCTA/USP, 1994. p.12-19.

- NEVES FILHO, L.C. Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos. Campinas: IBF/ABRAVA/SINDRATAR, 1991. 165p.
- NOGUEIRA, C.C.C.D. Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.). Fortaleza: UFC, 1991. 117p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- NOGUEIRA, J.N.; FONSECA, H.; LEME JR., J. Efeito da embalagem na preservação do teor de ácido ascórbico e beta-caroteno em frutas liofilizadas. *O Solo*, Piracicaba, n.1, p.62-68, 1973.
- OCHEI, C.O.; BASIOUNY, F.M. Calcium-mediated postharvest changes in storageability and fruit quality of peaches. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Tallahassee, v.106, p.266-269, 1993.
- OLIVA, P.B. Estudo do armazenamento da acerola *in natura* e estabilidade do néctar de acerola. Campinas: UNICAMP, 1995. 103p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- PAIVA, J.R. Caso de la Acerola: de especie silvestre a producto de demanda creciente en los mercados mundiales. In: FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION/TRATADO DE COOPERACIÓN AMAZÓNICA Programa regional de promoción sostenible y utilización de frutas y hortalizas amazonicas: estrategias y acciones. Pucallpa-Peru, 1996. p.179-198.
- PAIVA, J.R.; ALVES, R.E. Melhoramento genético da acerola (*Malpighia emarginata* DC) no estado do Ceará. *Informativo SBF*, Brasília, v.17, n.3, p.6-8, 1998.
- PAIVA, J.R.; ALVES, R.E. Programa de pesquisa em melhoramento genético da acerola (*Malpighia* spp.) no estado do Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE FRUTÍFERAS, 1, Jaboticabal, 1997. Anais... Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1997. 17-19p.
- PANTASTICO, Er.B.; SUBRAMANYAM, H.; BHATTI, M.B.; ALI, N.; AKAMINE, E.K. Indices para cosecha. In: PANTASTICO, Er.B. Fisiologia de la postrecoleccion, manejo y utilizacion de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Mexico: Continental, 1979. p.77-98.

- PHAN, C. Temperature: Effects on metabolism. In: WEICHMANN, J. **Postharvest physiology of vegetables**. New York: Marcel Dekker, 1987. p.173-180.
- PINTO RICARDO, C.P. Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. **Garcia de Orta - Série de Estudos Agronômicos**, Lisboa, v.10, n.1-2, p.65-76, 1983.
- POLLARD, A.; TIMBERLAKE, C.F. Fruit juices. In: HULME, A.C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1971. v.2, p.573-621.
- POOVAIAH, B.W. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. **Hortscience**, Alexandria, v.23, n.2, p.267-371, 1988.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. **Hortscience**, Alexandria, v.20, n.3, p.347-351, 1985.
- POOVAIAH, B.W. Role of calcium in prolonging storage life of fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, v.40, n.5, p.86-89, 1986.
- POOVAIAH, B.W.; GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. **Horticultural Reviews**, v.10, p.107-153, 1988.
- REID, D.S. Fundamental physicochemical aspects of freezing. **Food Technology**, Chicago, v.37, n.4, p.103-109, 1983.
- RESENDE J.V. **Redução de danos de congelamento em frutos de melão (*Cucumis melo* L. *Inodorus*) utilizando substâncias crioprotetoras de concentrações e origens diversas**. Lavras: UFLA, 1995. 136p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- ROCHA, I.C. **Suco de acerola: efeito da temperatura de pausterização e armazenamento**. Recife: UFPE, 1988. 61p. (Dissertação - Mestrado em Nutrição).
- SALUNKHE, D.K.; BOLIN, H.R.; REDDY, N.R. **Storage, processing, and nutritional quality of fruits and vegetables**. Boca raton: CRC, 1991. v.2, 195p.

BIBLIOTECA

SALUNKHE, D.K.; DESAI, B.B. Acerola In: _____. Postharvest biotechnology of fruits. Boca Raton: CRC, 1984a. v.2, p.87-92.

SALUNKHE, D.K.; DESAI, B.B. Postharvest biotechnology of fruits. Boca Raton: CRC, 1984b. v.1, 168p.

SANCHES, J.; KANESIRO, M.A.B.; DURIGAN, J.F.; TOSTES, D.R.D. Qualidade de acerolas durante o congelamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, Poços de Caldas, 1998. Anais... Poços de Caldas: SBCTA, 1998. v.1, p.365-368.

SANTINI JR., R. Determination of reducing sugars and total sugars in West Indian cherry (*Malpighia puniceifolia* L.) juice. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.37, p.199-205, 1952a.

SANTINI JR., R. Identification and determination of polybasic acids present in West Indian cherry (*Malpighia puniceifolia* L.) and in three varieties of guava (*Psidium guajava*). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.37, p.195-198, 1952b.

SANTINI JR., R.; HUYKE, A.S. Identification of polybasic organic acids present in guavas and acerola by paper chromatography. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio piedras, v.40, p.86, 1956a.

SANTINI JR., R.; HUYKE, A.S. Identification of sugars present in fruit of the acerola (*Malpighia puniceifolia* L.) by paper chromatography. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.40, p.87-89, 1956b.

SANTINI JR., R.; HUYKE, A.S. Identification of the anthocyanin present in the acerola which produces color changes in the juice on pasteurization and canning. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.40, p.171-178, 1956c.

SANTINI JR., R.; NEVAREZ, J. Extraction of ascorbic acid from acerolas (*Malpighia puniceifolia* L.). *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.39, p.184-189, 1955.



- SANTOS, A.R.L. **Qualidade pós-colheita de acerola para o processamento, em função de estádios de maturação e condições de armazenamento.** Cruz das Almas: EAUFBA, 1997. 76p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Agrárias).
- SANTOS, J.B. dos. Cereja. In: VALLANDRO, L.; CRUSIUS, A.H.; PEREIRA, L.G.; ESTEVES, E.R. **Manual globo de agricultura, pecuária e receituário industrial.** Rio de Janeiro: Globo, 1986. p.202-205.
- SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. **Acerola no Brasil: produção e mercado.** Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. 160p.
- SCALON, S.P.Q. **Qualidade do morango: efeito do CaCl₂ sobre a parede celular e níveis residuais de Benomil.** Lavras: UFLA, 1996. 105p. (Tese - Doutorado em Ciência dos Alimentos).
- SEMENSATO, L.R. **Caracterização físico-química de frutos de genótipos de acerola (*Malpighia* sp.), cultivados em Anápolis-GO, processamento e estabilidade de seus produtos.** Goiânia: UFG, 1997. 74p.
- SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening.** Cambridge: Champan & Hall, 1993. 454p.
- SIGRIST, J.M.M. Respiração. In: BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.M.; AARDITO, E.F.G.; CASTRO, J.V.; SPAGNOL, W.A.; NEVES FILHO, L.C. **Tecnologia pós-colheita de frutos e hortaliças.** Campinas: ITAL, 1992. p.21-27.
- SILVA, J.J.M. **Fatores que afetam o conteúdo do ácido ascórbico da acerola (*Malpighia glabra* L.).** São Luiz: Prefeitura de São Luiz, 1994. 23p. (Cadernos de Agricultura, 01).
- SIMÃO, S. Cereja das Antilhas. In: _____. **Manual de Fruticultura.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1971. p.477-485.
- SINGH, G. Effect of calcium nitrate and plant growth regulators on the storage of Allahabad safeda guava. **Indian Journal of Horticulture**, Bangalore, v.45, n.1/2, p.45-50, 1988.

- SOUTHGATE, D.** Conservacion de frutos y hortalizas. Zaragoza: Acribia, 1992. 216p.
- STAHL, A.L.** Commercial possibilities of frozen tropical juice concentrate. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Tallahassee, v.65, p.255-258, 1952.
- TAVARES, J.C.** Efeitos da refrigeração, cera, fungicida e cálcio na conservação pós-colheita da goiaba 'Paluma' (*Psidium guajava* L.). Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1993. 93p. (Tese - Doutorado em Produção Vegetal).
- TELXEIRA, O.P.** É fácil cultivar acerola. São Paulo: Ed. Três, 1987. 32p.
- TITTOTO, K.; SILVA, M.N.; MANICA, I.** Acerola: produção e mercado mundial. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 15, Poços de Caldas, 1998. Resumos... Lavras: UFLA/SBF, 1998. p.68.
- ULRICH, R.** Organic acids. In: **HULME, A.C.** The biochemistry of fruits and their products. London: Academic, 1970. v.1, p.89-118.
- WANG, C.Y.; CONWAY, W.S.; ABBOTT, J.A.; KRAMER, G.F.** Postharvest infiltration of polyamines and calcium influences ethylene production and texture changes in 'Golden Delicious' apples. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.118, n.6, p.801-806, 1993.
- WATADA, A.E.** Vitamins. In: **WEICHMANN, J.** Postharvest physiology of vegetables. New York: Marcel Dekker, 1987. p.455-67.
- WROLSTAD, R.E.; SKREDE, G.; LEA, P.; ENERSEN, G.** Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v.55, n.40, p.1064-1065, 1072, 1990.
- ZAMBRANO, J.; MANZANO, J.** Influence du calcium sur la maturation et al conservation des mangues après leur récolte. **Fruits**, Paris, v.50, n.2, p.145-152, 1995.

CAPÍTULO II

QUALIDADE DE ACEROLA SUBMETIDA A DIFERENTES CONDIÇÕES DE CONGELAMENTO E ARMAZENAMENTO

RESUMO

Os experimentos foram desenvolvidos utilizando-se as dependências e instalações de uma empresa produtora e exportadora (Mossoró Agro-industrial S.A.), em Mossoró, RN. Depois da colheita e seleção, feitas segundo os procedimentos usuais da empresa, os frutos foram pré-resfriados (14°C) por 10 minutos, ou não, congelados em câmara (-15°C) por 24 horas, ou em túnel de nitrogênio líquido (-71°C) por 8 minutos). Os frutos congelados foram embalados em sacos de polietileno para 500 g, dispostos em caixas de papelão para 18 Kg e armazenados por 80 dias sob três diferentes condições: câmara ($-10\pm 3^{\circ}\text{C}$), *container* ($-16\pm 2^{\circ}\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18\pm 2^{\circ}\text{C}$). Foram feitas avaliações a cada 10 dias quanto a danos por congelamento, sólidos solúveis, pH e acidez, e a cada 20 dias quanto ao teor vitamina C. As acerolas armazenadas à -18°C conservaram-se sem alterações durante o armazenamento (80 dias), independentemente do tipo de congelamento utilizado. Acerolas pré-resfriadas e armazenadas a -16°C se conservaram por 80 dias mesmo quando submetidas ao congelamento lento. O surgimento de danos por congelamento (frutos amarelos) durante o armazenamento ocorreu a partir dos 10 dias e se intensificou a partir dos 30 dias nas acerolas armazenadas a -10°C . Com exceção das acerolas submetidas a congelamento lento sem pré-resfriamento, não ocorreram alterações significativas nas características físico-químicas e químicas.

ABSTRACT

QUALITY OF ACEROLA FROZEN AND STORED AT DIFFERENT CONDITIONS

Experiments were carried out using the fittings and equipment of MAISA, a commercial producing company in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil. After harvest and selection according to the procedures used by the company, fruits were either pre-cooled (14°C) for 10 minutes, or not, frozen in cold room (-15°C) for 24 hours, or liquid nitrogen tunnel (-71°C) for 8 minutes. Frozen fruits were packaged in 500 g bags, arranged in commercial 18 kg cardboard boxes and stored for 80 days under three different conditions: cold room (-10±3°C), container (-16±2°C) and domestic freezer (-18±2°C). Fruits were evaluated every 10 days for freeze damage, soluble solids, pH and acidity, and every 20 days for vitamin C content. No changes were noticed in acerolas maintained in domestic freezer for 80 days, no matter the freezing method. Precooled fruits stored at -16°C for 80 days didn't show any damage, even if submitted to slow freezing. Freezing damage (yellow fruits) was first observed after 10 days of storage and increased after 30 days in fruits stored at -10°C. Except for slow frozen and no pre-cooled acerolas, no chemical and physicochemical changes were observed.

1 Introdução

A vida útil pós-colheita da acerola é relativamente curta sob refrigeração (Guadarrama, 1982; Carvalho e Manica, 1994; Cruz et al., 1995; Oliva, 1995 e Santos, 1997), mesmo quando associada à modificação da atmosfera (Burg e Burg, 1966; Alves, Chitarra e Chitarra, 1995 e Kaneshiro et al., 1998).

O congelamento tem sido utilizado, experimental e comercialmente, como principal alternativa para armazená-la, seja como matéria-prima até o processamento industrial ou durante o seu transporte e distribuição nos mercados interno e externo (Bliska e Leite, 1995).

Os poucos trabalhos realizados sobre a qualidade de acerolas submetidas ao congelamento, demonstram que sua qualidade pode ser parcialmente mantida até seis meses, apesar de perdas no teor de vitamina C (Carvalho e Manica, 1994; Cruz et al., 1995; Oliva, 1995; Santos, 1997; Semensato, 1997 e Sanches et al., 1998). No entanto, o principal problema observado pelos produtores, processadores e distribuidores da fruta congelada são as alterações indesejáveis na cor, que passa de vermelho para amarelo (Bleinroth, Menezes e Alves, 1996 e Semensato, 1997). Esta mudança descaracteriza completamente a coloração natural da fruta e conseqüentemente dos produtos dela derivados, principalmente quando se trata de polpas ou sucos.

Atualmente diversos produtores e/ou processadores de acerola possuem infra-estrutura para o beneficiamento da mesma, congelando a fruta *in natura*, para estocagem e posterior processamento ou distribuição aos supermercados, lanchonetes, sorveterias, varejões e importadores (Bliska e Leite, 1995 e Bleinroth, Menezes e Alves, 1996). Esta infra-estrutura, entretanto, é bastante diversificada não só quanto aos métodos e sistemas de congelamento, mas também quanto as condições utilizadas para armazenamento e transporte.

Neste trabalho procurou-se simular, em uma empresa produtora/processadora de acerola, as condições tradicionalmente utilizadas. Levando-se em consideração que, como observado em outros frutos, podem ocorrer alterações drásticas na estrutura e na qualidade em função do tempo de armazenamento e da temperatura de congelamento e armazenamento, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial de conservação de acerolas submetidas a pré-resfriamento, seguido de congelamento lento ou rápido e armazenamento em diferentes condições.

2 Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido com a realização de quatro ensaios, nas dependências e instalações da MAISA (Mossoró Agro-industrial S.A.), Mossoró, Rio Grande do Norte.

2.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos

A empresa está localizada no Pólo Agro-Industrial Mossoró-Assu, Rio Grande do Norte, latitude $5^{\circ}11'$ Sul, longitude $37^{\circ}20'$ W. Gr., 15 metros de altitude e clima quente e seco, classificação climática CWb de Köppen, ou seja, semi-árido (Bissoli Jr., 1992). As características climáticas médias e/ou totais referentes ao ano que antecedeu a colheita, de acordo com os dados fornecidos pela estações meteorológicas da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM) e da MAISA, encontram-se nas Figuras 3 e 4.

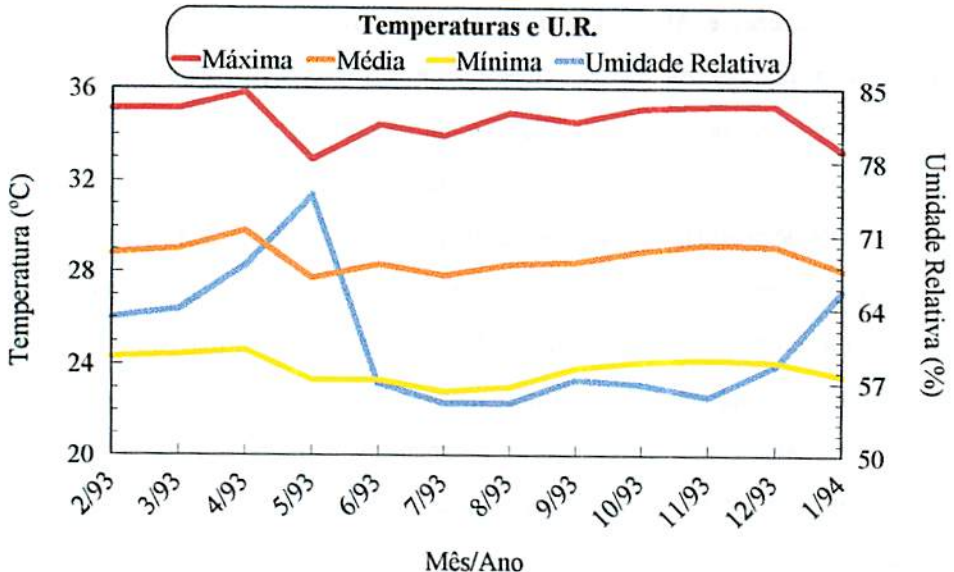


FIGURA 3 Temperaturas e umidade relativa na região de Mossoró-RN durante o ano que antecedeu a colheita dos frutos (fevereiro/93 a janeiro/94).

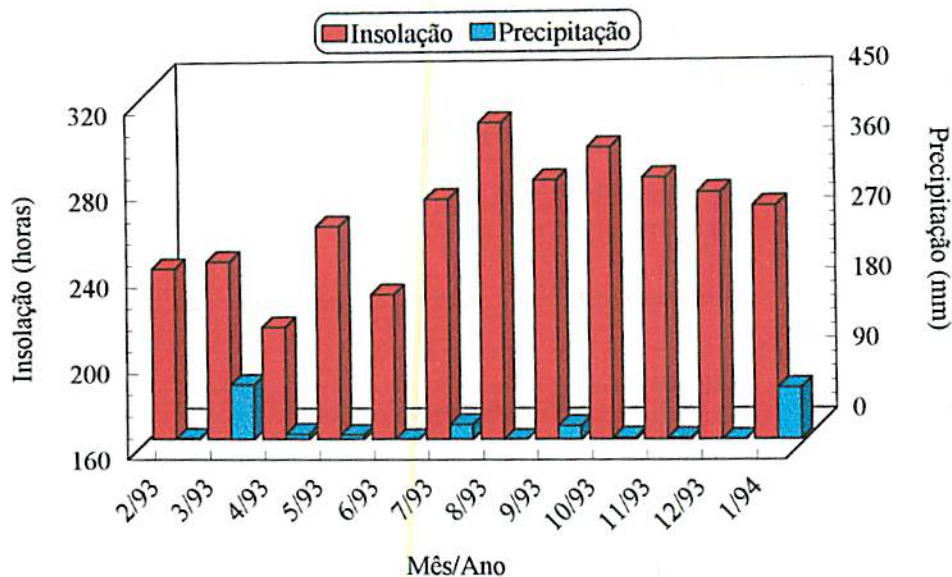


FIGURA 4 Insolação total e precipitação na região de Mossoró-RN durante o ano que antecedeu a colheita dos frutos (fevereiro/93 a janeiro/94).

Os frutos utilizados nos ensaios foram colhidos nas primeiras horas da manhã em plantas pertencentes ao plantio comercial da empresa, Projeto 'Pomar', no estádio de maturação 6R (vermelho escuro), de acordo com escala desenvolvida por Alves (1993) e com o padrão comercial utilizado pela mesma.

As aceroleiras foram plantadas em 1990 com mudas obtidas por via assexuada, receberam todos os tratamentos culturais exigidos pela cultura, inclusive irrigação, e encontravam-se em plena produção, por ocasião da colheita, realizada em janeiro de 1994.

2.2 Instalação e condução dos ensaios

Imediatamente após a colheita, os frutos foram transportados para o *Packing House*, colocados em esteiras rolantes e submetidos a uma rigorosa seleção manual, mantendo-se apenas aqueles de coloração vermelha, retirando-se

detritos de qualquer natureza e frutos fora do padrão, ou seja, fermentados e/ou sem firmeza e colhidos antes do completo amadurecimento. Após a seleção, os frutos foram lavados (5-10 ppm de cloro), e, em seguida, submetidos aos procedimentos descritos no Quadro 1.

QUADRO 1 Procedimentos utilizados para o congelamento das acerolas nos quatro ensaios.

Ensaio	Procedimento Adotado
I	acerolas submetidas a congelamento lento em câmara (-15°C) durante 24 horas
II	acerolas submetidas a congelamento rápido em túnel de N ₂ (-71°C) durante 8 minutos
III	acerolas pré-resfriadas em água (14°C) por 10 minutos e submetidas a congelamento lento em câmara (-15°C) durante 24 horas
IV	acerolas pré-resfriadas em água (14°C) por 10 minutos e submetidas a congelamento rápido em túnel de N ₂ (-71°C) durante 8 minutos

O pré-resfriamento foi realizado em um tanque de lavagem adaptado com um sistema para circulação e resfriamento da água. Os frutos chegavam do campo com temperatura em torno de 30°C, que após o resfriamento reduziu-se a 20°C.

Após o congelamento, as acerolas eram embaladas com o auxílio de uma máquina envasadora automática, apta para pesagem de frutos e fechamento de sacos de polietileno com 3 costuras termoseladas. As embalagens comerciais (500 g) eram acondicionadas em caixas de papelão, duplamente ondulado, e armazenadas em câmara (-10±3°C), *container* (-16±2°C) ou *freezer* doméstico (-18±2°C), por 80 dias. O monitoramento da temperatura dos locais de

armazenamento foi feito através de sensores colocados no interior das caixas. Os frutos foram avaliados, a cada de dez dias, quanto a danos por congelamento, sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e pH, e a intervalos de 20 dias quanto aos teores de vitamina C.

2.3 Análises

As avaliações das diferentes características de qualidade foram realizadas após a retirada da polpa em liquidificador doméstico, de acordo com as seguintes metodologias:

Danos por congelamento - através da escala, apresentada no Quadro 2, que foi estabelecida de comum acordo com os técnicos da empresa.

QUADRO 2 Escala de notas para a avaliação de danos por congelamento a frutos de acerola.

Notas	Frutos Amarelos ¹	Conceito
0	0 - 5%	Ótimo
1	5 - 10%	Aceitável
2	10 - 20%	Razoável
3	20 - 30%	Ruim
4	> 30%	Péssimo

¹ contagem de frutos amarelos (mínimo de 50 % da superfície amarelada) por embalagem de 500 g.

SST - determinado em refratômetro digital e expresso em °Brix, segundo recomendação da AOAC (1992).

ATT e pH - determinados utilizando-se titulador automático. Após a determinação do pH inicial do suco diluído, com eletrodo de membrana de vidro,

a amostra era titulada com solução de NaOH até o pH = 8,1, conforme metodologia do IAL (1985);

Relação SST/ATT - determinado pelo quociente entre as duas características;

Vitamina C Total - determinado por titulação com 2,6 diclorofenol-indofenol (DFI), segundo Strohecker e Henning (1967), sendo os resultados expressos em %.

2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

Os ensaios foram realizados em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3 X 9, para as características danos por congelamento, SST, ATT, pH e SST/ATT, e em fatorial 3 X 5, para o teor de vitamina C, tendo como fatores as condições de armazenamento e o tempo, respectivamente. Foram utilizadas 4 repetições, representadas por cada unidade experimental, ou seja, embalagens plásticas contendo 500 g de acerolas.

A partir dos resultados das análises de variância preliminares, e verificando-se a interação entre os fatores, o tempo foi desdobrado dentro de cada local e os resultados submetidos a regressão polinomial de acordo com o proposto por Gomes (1987). Foram consideradas equações de até 5^ª grau para as características danos por congelamento, SST, ATT, pH e SST/ATT e de até 3^ª grau para vitamina C. O coeficiente de determinação mínimo para utilização das curvas foi de 0,70. Os dados de danos por congelamento foram transformados em raiz quadrada de X + 1 antes da análise de variância.

3 Resultados e Discussão

De forma geral, as análises de variância dos resultados obtidos para todas as características avaliadas revelaram interação significativa entre os fatores local e o tempo de armazenamento nos quatro ensaios realizados, com exceção da acidez nos ensaios I e IV, da relação SST/ATT nos ensaios I, III e IV e do teor de vitamina C no ensaio II (Tabelas 1A a 5A).

3.1 Danos por Congelamento

As acerolas armazenados em *freezer* doméstico, onde houve uma maior estabilidade na temperatura (-18°C), mantiveram a coloração vermelha durante todo o período (80 dias), independentemente do procedimento utilizado para o seu congelamento. Os frutos mantidos no *container*, onde a temperatura média foi um pouco mais alta (-16°C) também se conservaram bem, mesmo quando submetidos ao congelamento lento. Neste caso a utilização do pré-resfriamento foi fundamental (Figuras 5 e 6).

O armazenamento dos frutos na câmara (-10°C) não foi eficaz, uma vez que as alterações de cor se iniciaram a partir do 10^o dia e se intensificaram a partir do 30^o dia (Figuras 5 e 6). Resultados similares foram encontrados por Semensato (1997), que avaliando a qualidade de acerolas congeladas e mantidas a -10°C , mostraram que as mesmas perderam sua coloração vermelha intensa, passando para a amarela nos primeiros 30 dias.

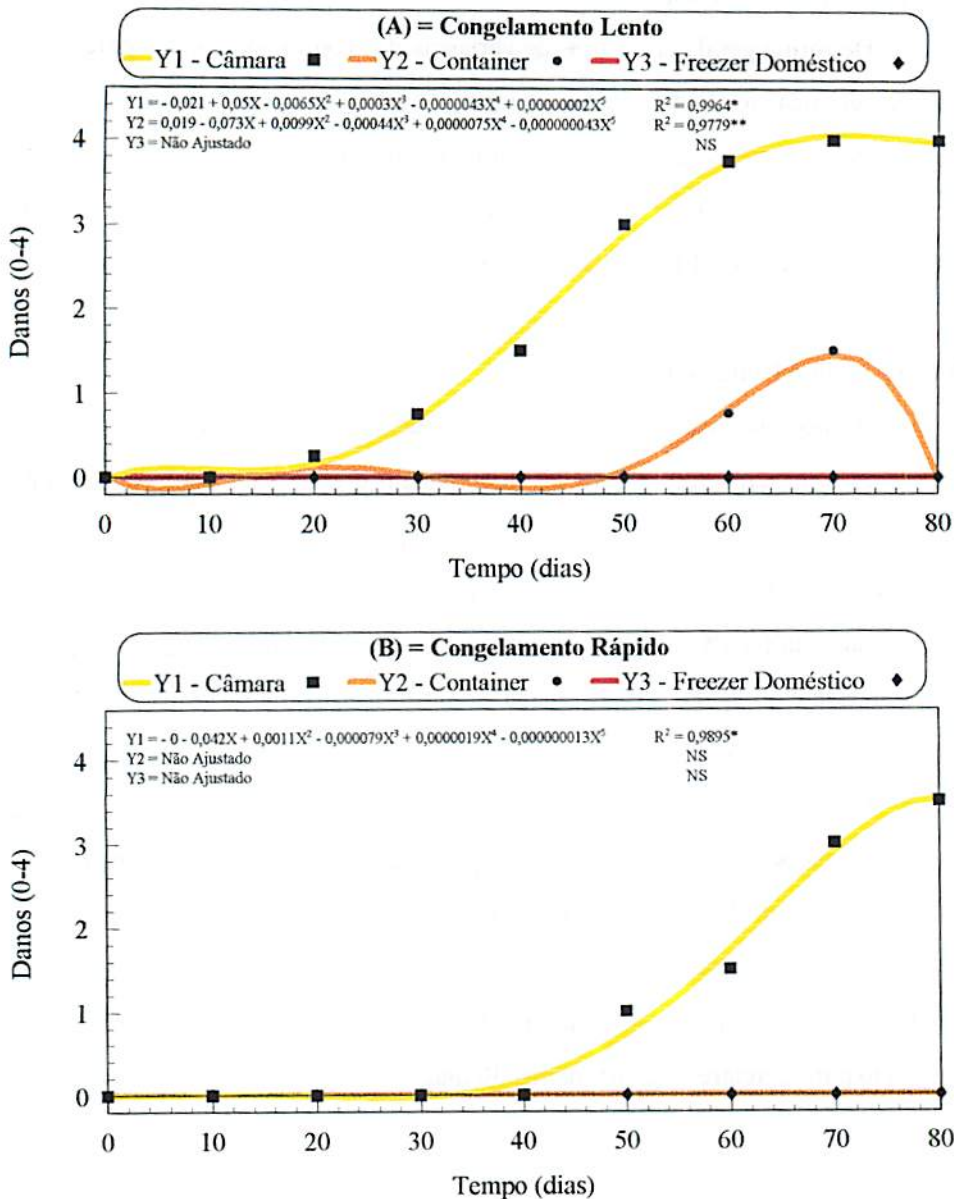


FIGURA 5 Danos por congelamento em acerolas congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$), *container* ($-16 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 80 dias.

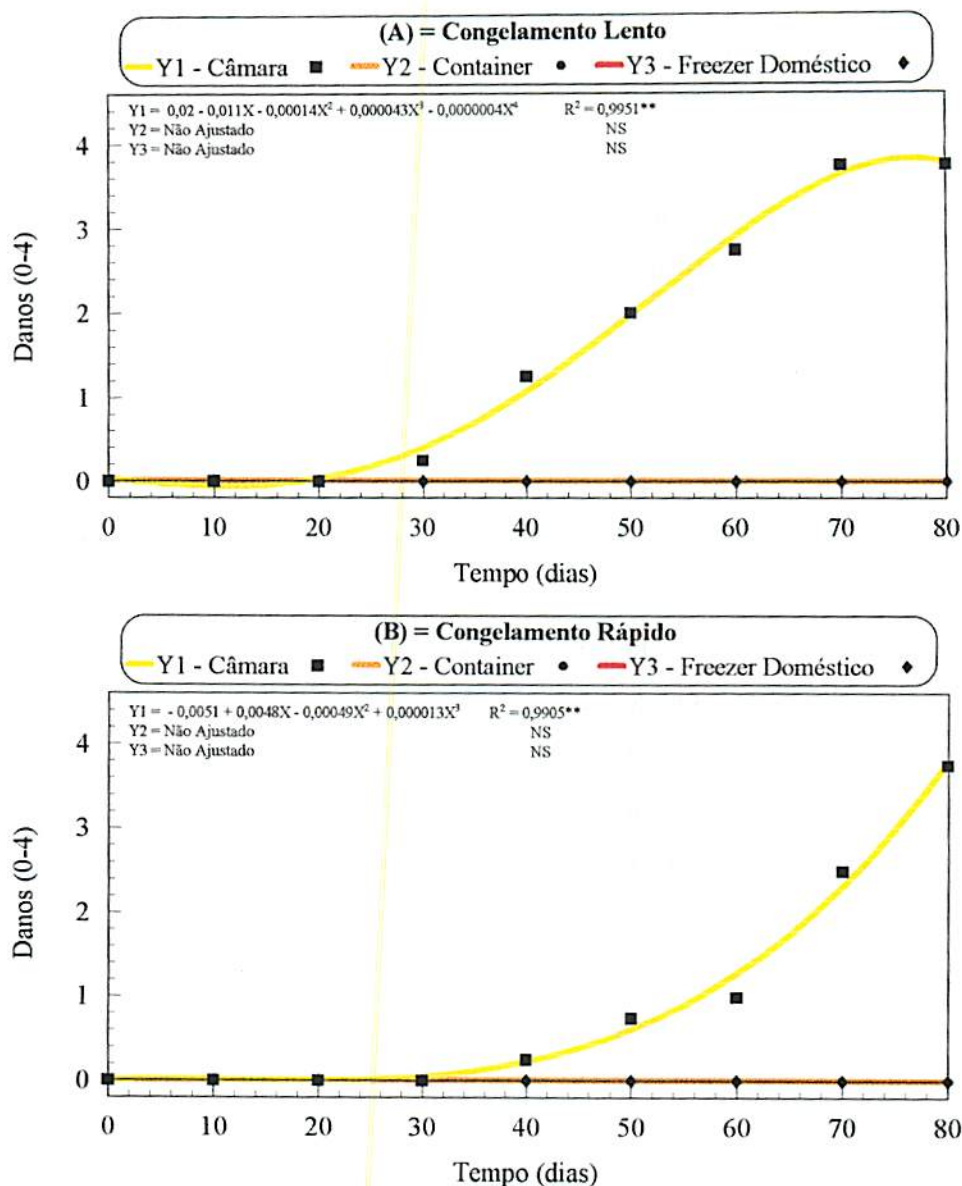


FIGURA 6 Danos por congelamento em acerolas pré-resfriadas em água ($14 \pm 1^\circ\text{C}/10$ minutos), congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^\circ\text{C}$), *container* ($-16 \pm 2^\circ\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18 \pm 2^\circ\text{C}$) por 80 dias.

De forma geral, os frutos submetidos ao congelamento lento (Figuras 5A e 6A) apresentaram perda da cor vermelha antes dos frutos submetidos ao congelamento rápido. De acordo com Resende (1995), no congelamento lento, os cristais de gelo se concentram inicialmente entre as células, o que pode causar separação celular na região da lamela média, ruptura da parede celular, contração celular do material congelado, sendo que a extensão do dano à textura está relacionada com o grau de rompimento do tecido.

Martí e Aguilera (1991), avaliando efeito do tipo de congelamento (lento ou rápido) sobre a qualidade de *blueberries* e amoras, observaram que o congelamento lento ocasionou danos significativos nas paredes e membranas celulares, os quais se correlacionaram bem com as alterações na textura dos frutos.

O uso do pré-resfriamento foi importante para a manutenção da cor vermelha dos frutos, principalmente quando se utilizou o congelamento lento e o armazenamento dos frutos na câmara (-10°C) ou no *container* (-16°C) (Figura 6A). O fato das acerolas terem sido levadas para o congelamento lento já com uma temperatura mais baixa, promovida pelo pré-resfriamento, reduziu os danos por congelamento.

As modificações que ocorrem durante o armazenamento de frutos congelados podem ser físicas, químicas, bioquímicas e nutricionais, e acontecem em função de diversos fatores, tais como tempo e temperatura de congelamento e armazenamento.

As mudanças físicas durante o congelamento do produto são muito drásticas e podem continuar ocorrendo durante o armazenamento, sendo a principal a recristalização da água (Bernhardt, Tocchini e Paschoalino, 1979 e Reid, 1983). Este fenômeno deve-se principalmente devido às flutuações de temperatura, o que foi verificado com maior frequência no armazenamento em

câmara aonde os frutos se mantiveram em boas condições por até 50 dias (Figura 5B). Considerando-se que, de acordo com a empresa colaboradora (MAISA), uma nota superior a 1 (+ de 10 % de frutos amarelos) já afeta a comercialização.

Neste trabalho, aonde a mesma câmara era utilizada pela empresa para congelamento e armazenamento, o problema foi causado pela abertura excessiva de portas e entrada de novos frutos para congelar. As flutuações de temperatura favorecem o crescimento dos cristais de gelo maiores à custa de cristais menores, causado pela diferença de pressão de vapor (DPV) existente entre ambos. O crescimento dos cristais pode destruir as células, provocando modificações na textura e na composição bioquímica do fruto que levam à perda da coloração original (Bernhardt, Tocchini e Paschoalino, 1979; Heldmann, 1983; Neves Filho, 1991 e Carneiro, 1997).

A coloração amarela em abacaxis, atribuída a pigmentos carotenóides, pode ser degradada por isomerização, de acordo com Bartolome, Ruperez e Fuster (1996), após estes serem submetidos a processos de congelamento e descongelamento que levam à desintegração celular. Como para o morango (Wrolstad, Putnam e Varseveld, 1970 e Wrolstad et al., 1990), as alterações de cor em acerola, de vermelho para amarelo, são atribuídas as antocianinas (Santini e Huyke, 1956 e Conceição, 1997), tendo em vista que a natureza química das mesmas pode ser bastante influenciada em condições de estresse por vários fatores e, destacando-se entre eles, o pH (Brouillard, 1983 e Stafford, 1990). Em pH intermediário as mesmas se tornam incolores - leucoantocianidinas (Bate-Smith, 1954; Wrolstad, Putnam e Varseveld, 1970 e Mazza e Brouillard, 1987), predominando, no caso da acerola, a coloração amarela, dos pigmentos carotenóides, já presentes na polpa (Alves, Chitarra e Chitarra, 1995).

3.2 Características físico-químicas e químicas

A qualidade interna das acerolas congeladas, avaliada através de acidez total titulável (Figuras 7 e 8), pH (Figuras 9 e 10), sólidos solúveis totais (Figuras 11 e 12), relação sólidos solúveis/acidez (Figuras 13 e 14) e vitamina C (Figuras 15 e 16), foi pouco afetada, mesmo nos frutos que apresentaram alterações de cor, independentemente do procedimento utilizado para o seu congelamento e as condições de armazenamento.

Observou-se, que no início, ou seja, nos primeiros 10 dias, do ensaio I (congelamento lento sem pré-resfriamento), os teores de sólidos solúveis (Figura 11A) e a acidez titulável (Figuras 7A) sofreram uma redução aproximada de 13 e 17%, respectivamente.

Como discutido anteriormente o congelamento lento levou à formação de cristais de gelo nos espaços intercelulares com a conseqüente perfuração das células ainda numa fase crítica em que o fruto não foi totalmente congelado. Esta descompartimentalização levou a um processo de fermentação inicial, que é muito comum em acerolas que sofreram danos físicos, reduzindo assim o teor de açúcares e ácidos (Reid, 1983 e Bleinroth, Menezes e Alves, 1996). Nos frutos pré-resfriados isto não ocorreu, independente do método de congelamento.

A relação sólidos solúveis/acidez não se alterou durante os 80 dias de armazenamento nos quatro ensaios (Figuras 13 e 14).

A vitamina C foi preservada, com exceção dos frutos armazenados em câmara a -10°C , que apresentavam em média 90 % do teor inicial (1,1 %), nos ensaios I, III e IV (Figuras 15 e 16). Carvalho e Manica (1994), estudando as alterações que ocorrem durante o armazenamento de acerolas congeladas (-19 a -21°C) em três estádios de maturação também relataram que não foram observadas alterações significativas no teor de vitamina C durante os 40 dias de experimento.

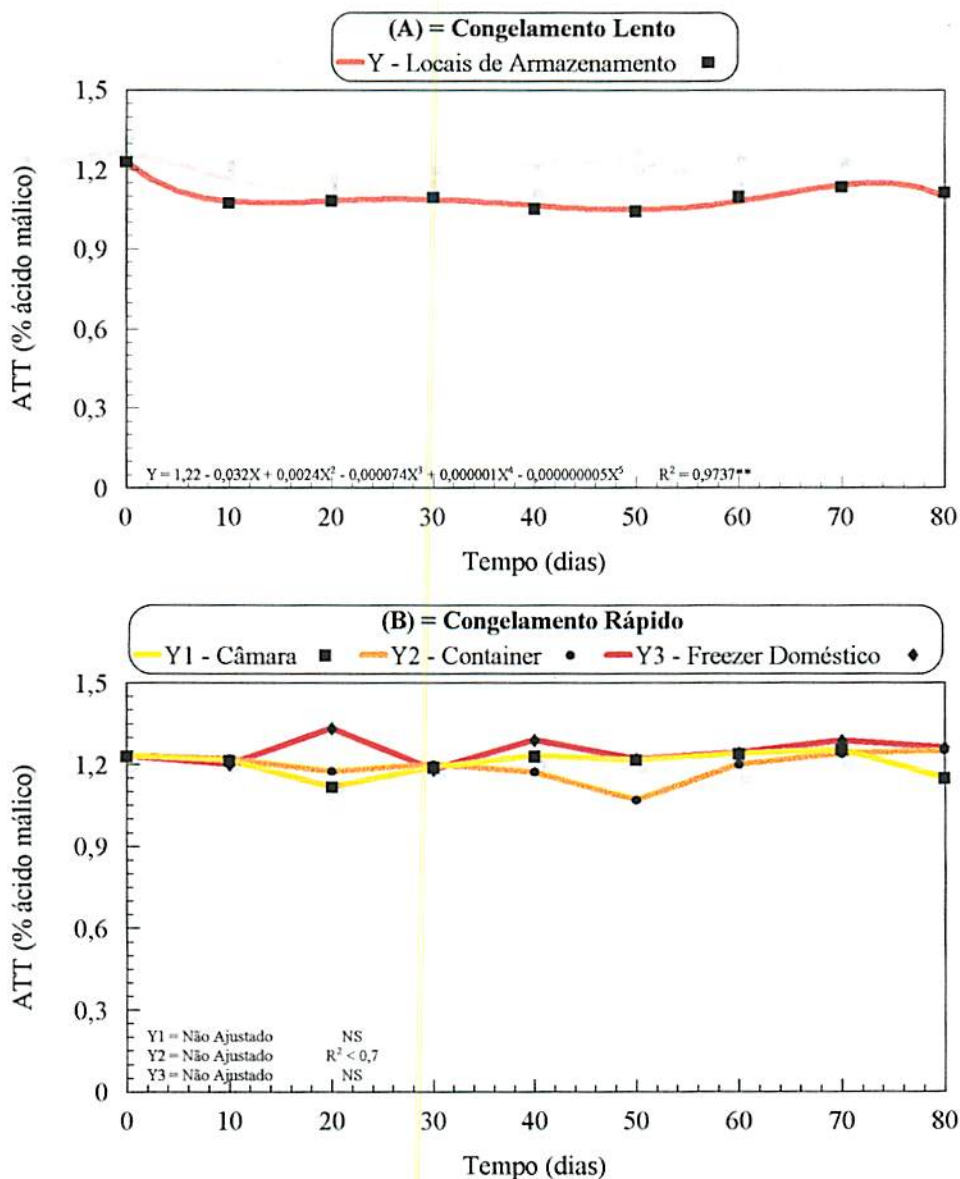


FIGURA 7 Acidez total titulável de acerolas congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$), *container* ($-16 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 80 dias.

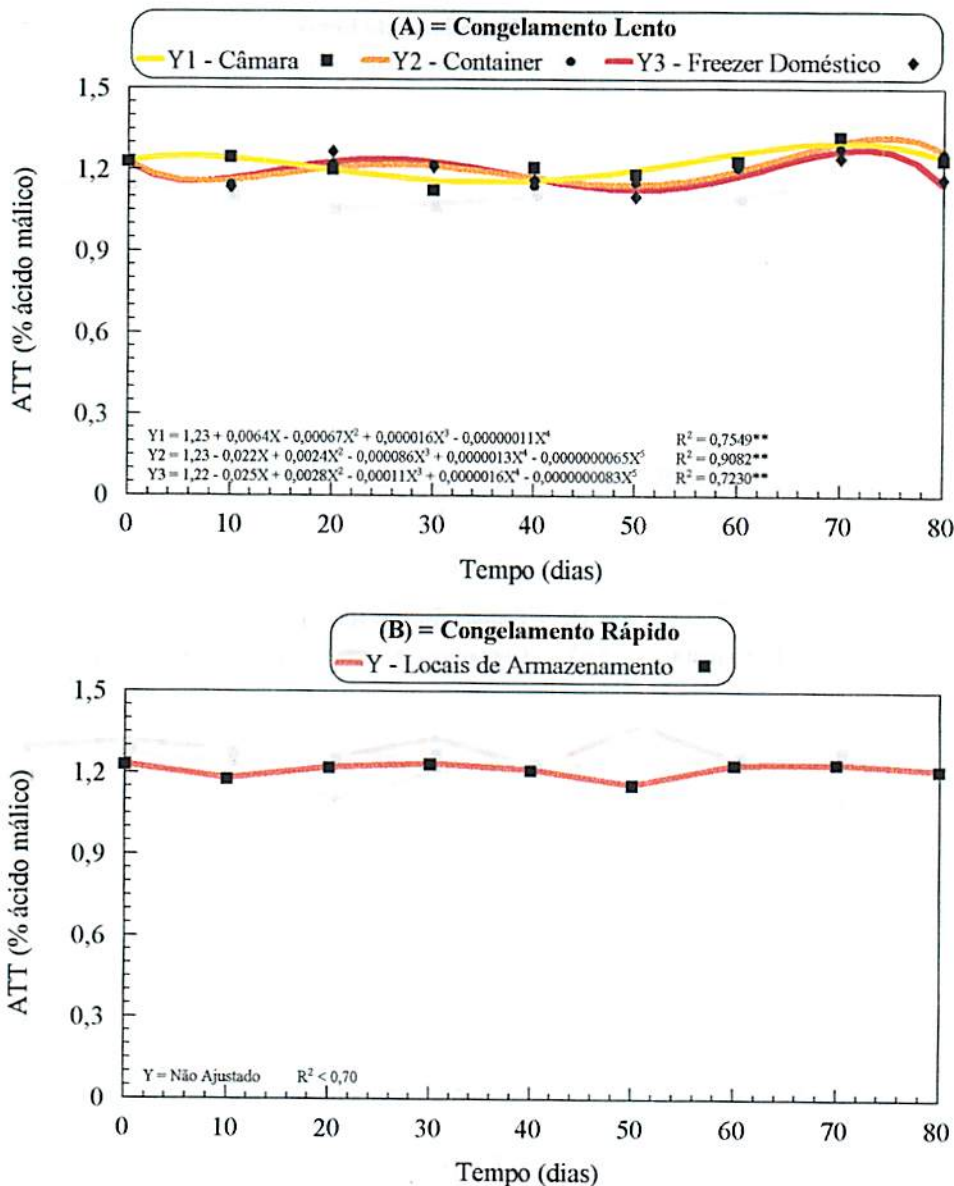


FIGURA 8 Acidez total titulável de acerolas pré-resfriadas em água ($14 \pm 1^\circ\text{C}/10$ minutos), congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^\circ\text{C}$), container ($-16 \pm 2^\circ\text{C}$) e freezer doméstico ($-18 \pm 2^\circ\text{C}$) por 80 dias.

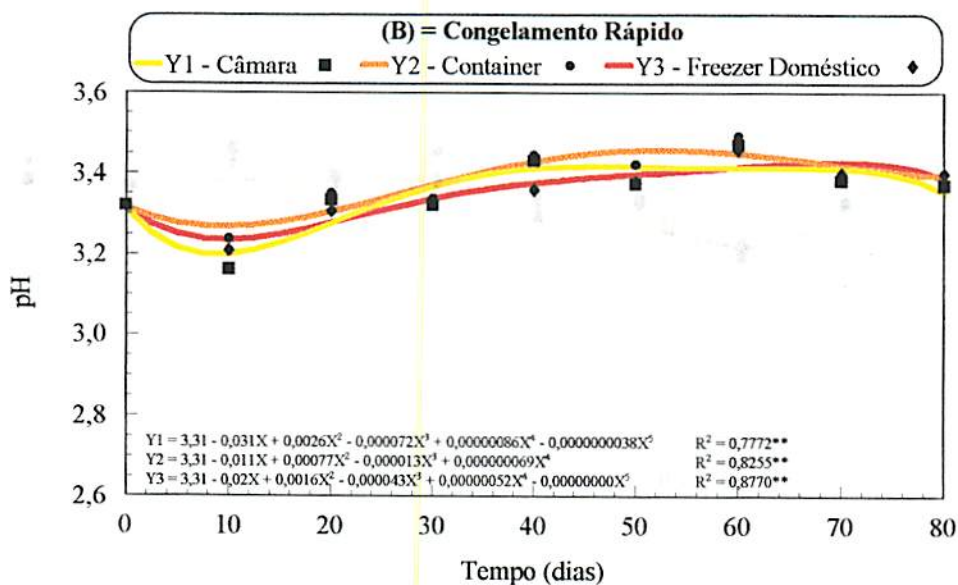
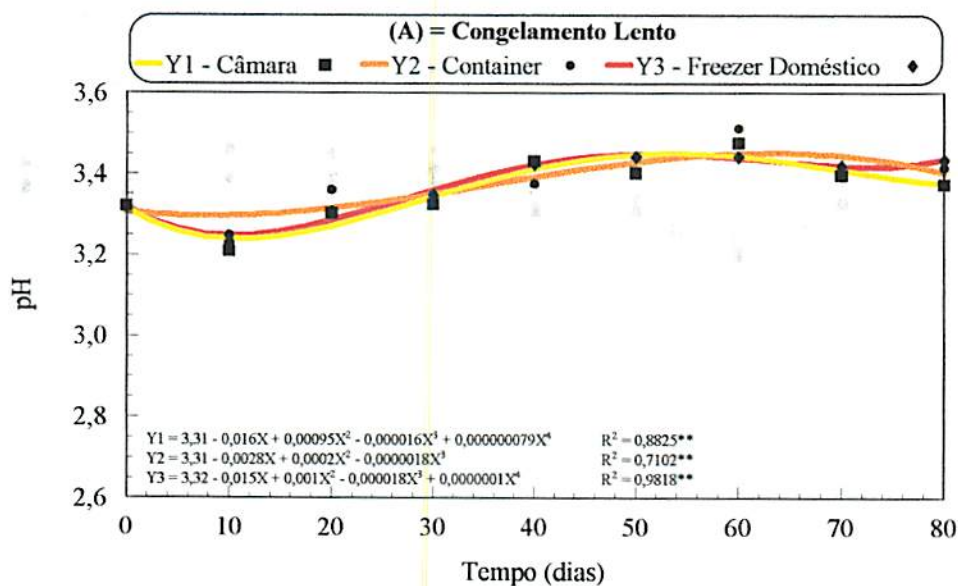


FIGURA 9 Potencial hidrogeniônico de acerolas congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$), *container* ($-16 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 80 dias.

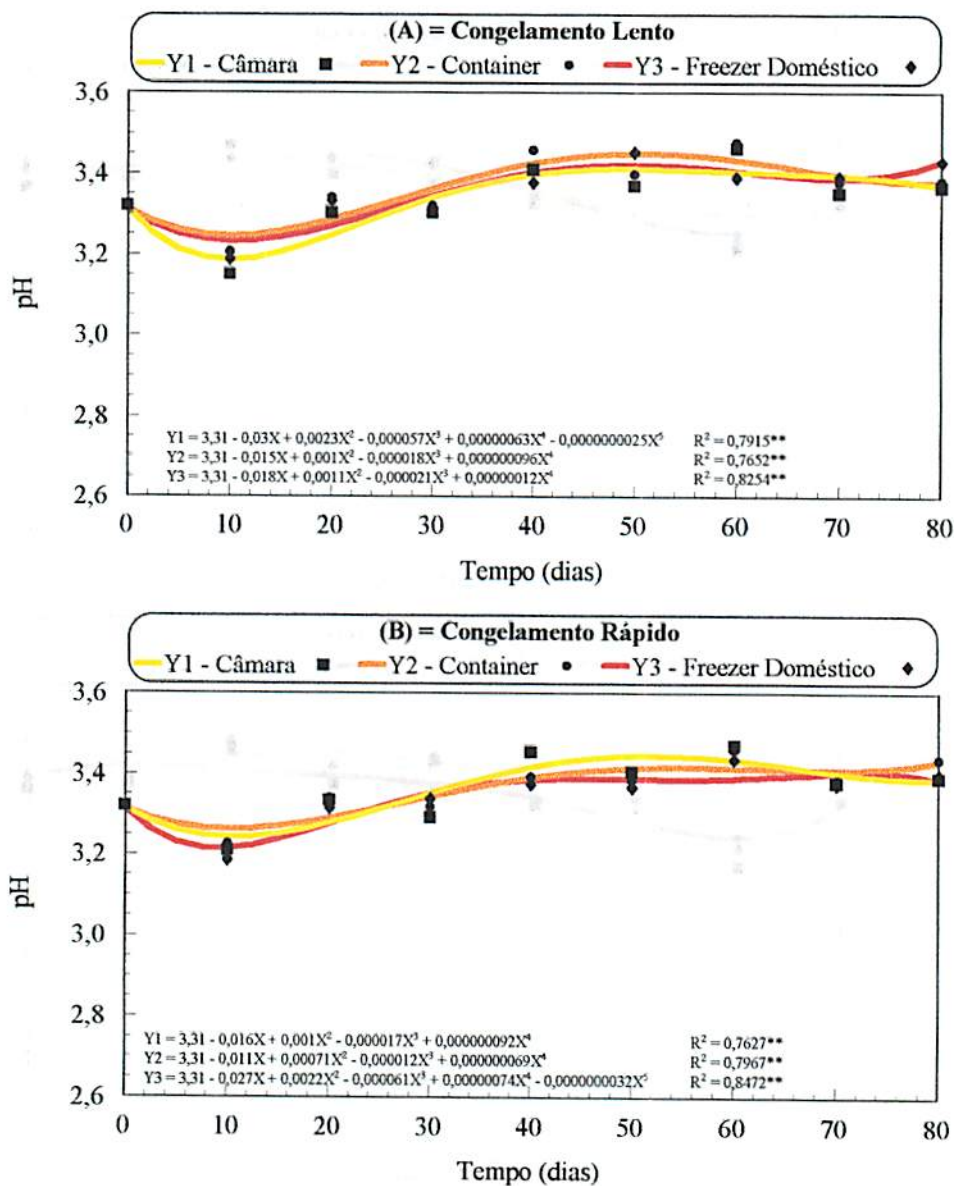


FIGURA 10 Potencial hidrogeniônico de acerolas pré-resfriadas em água ($14\pm 1^{\circ}\text{C}/10$ minutos), congeladas em (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10\pm 3^{\circ}\text{C}$), container ($-16\pm 2^{\circ}\text{C}$) e freezer doméstico ($-18\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 80 dias.

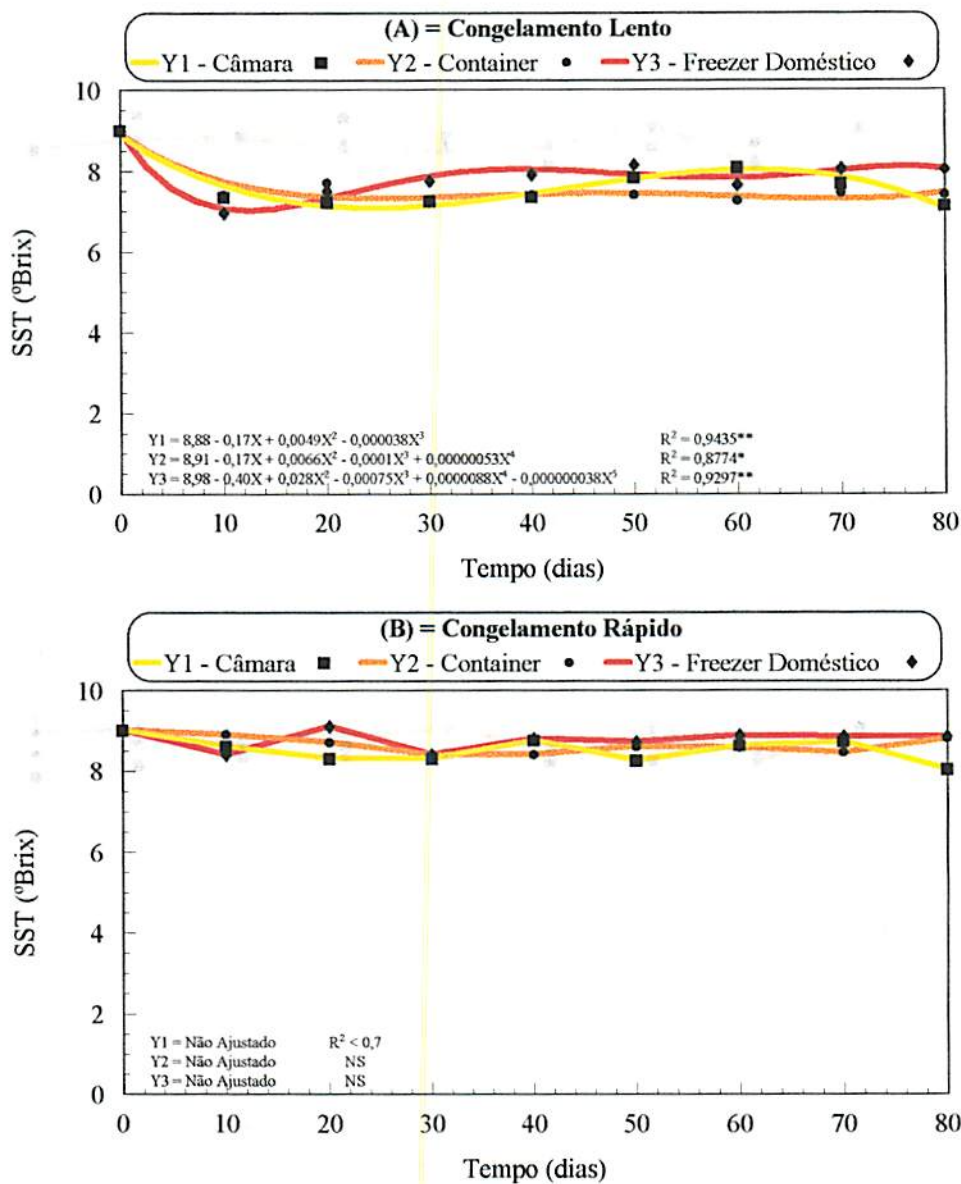


FIGURA 11 Sólidos solúveis totais de acerolas congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10\pm 3^{\circ}\text{C}$), *container* ($-16\pm 2^{\circ}\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 80 dias.

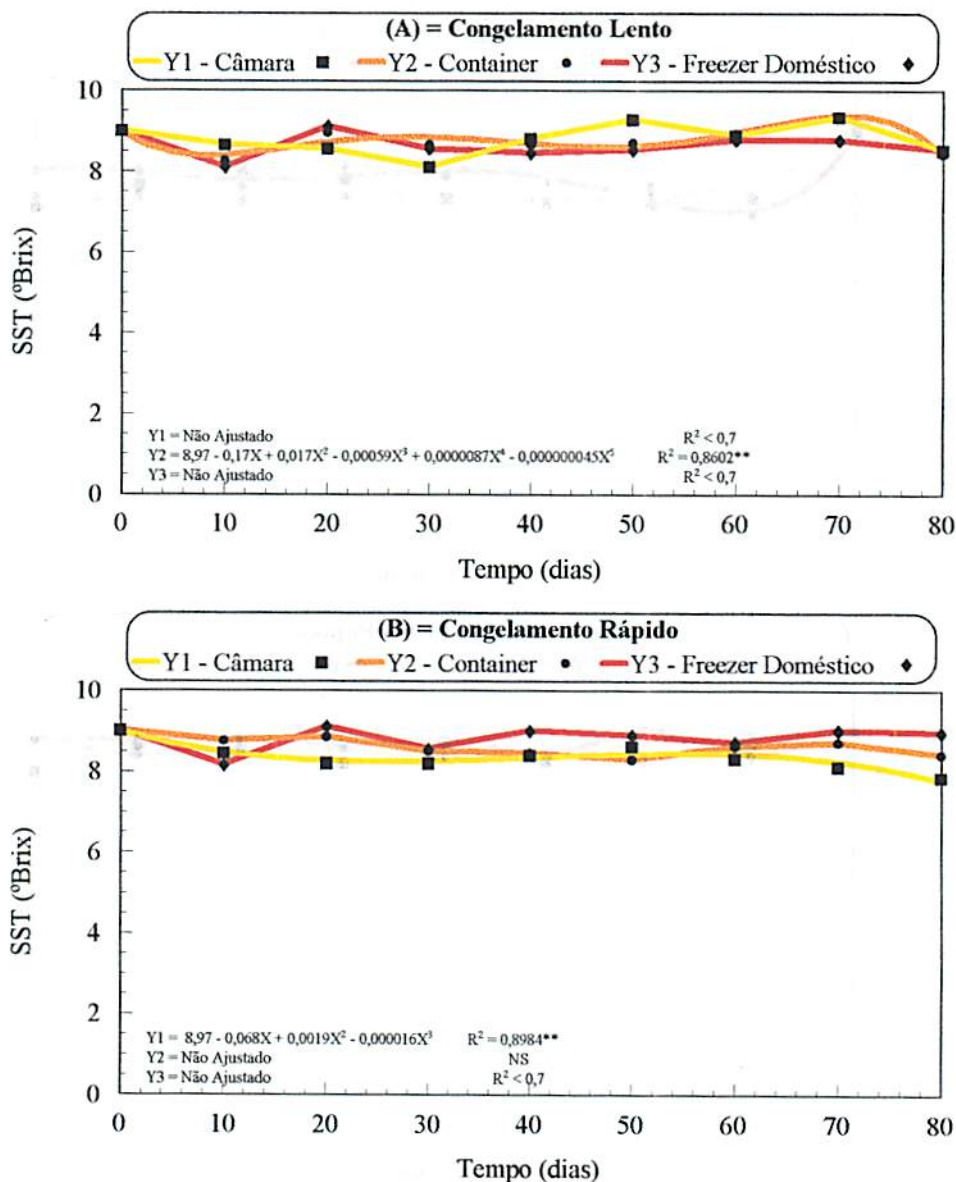


FIGURA 12 Sólidos solúveis totais de acerolas pré-resfriadas em água ($14 \pm 1^\circ\text{C}/10$ minutos), congeladas em (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^\circ\text{C}$), container ($-16 \pm 2^\circ\text{C}$) e freezer doméstico ($-18 \pm 2^\circ\text{C}$) por 80 dias.

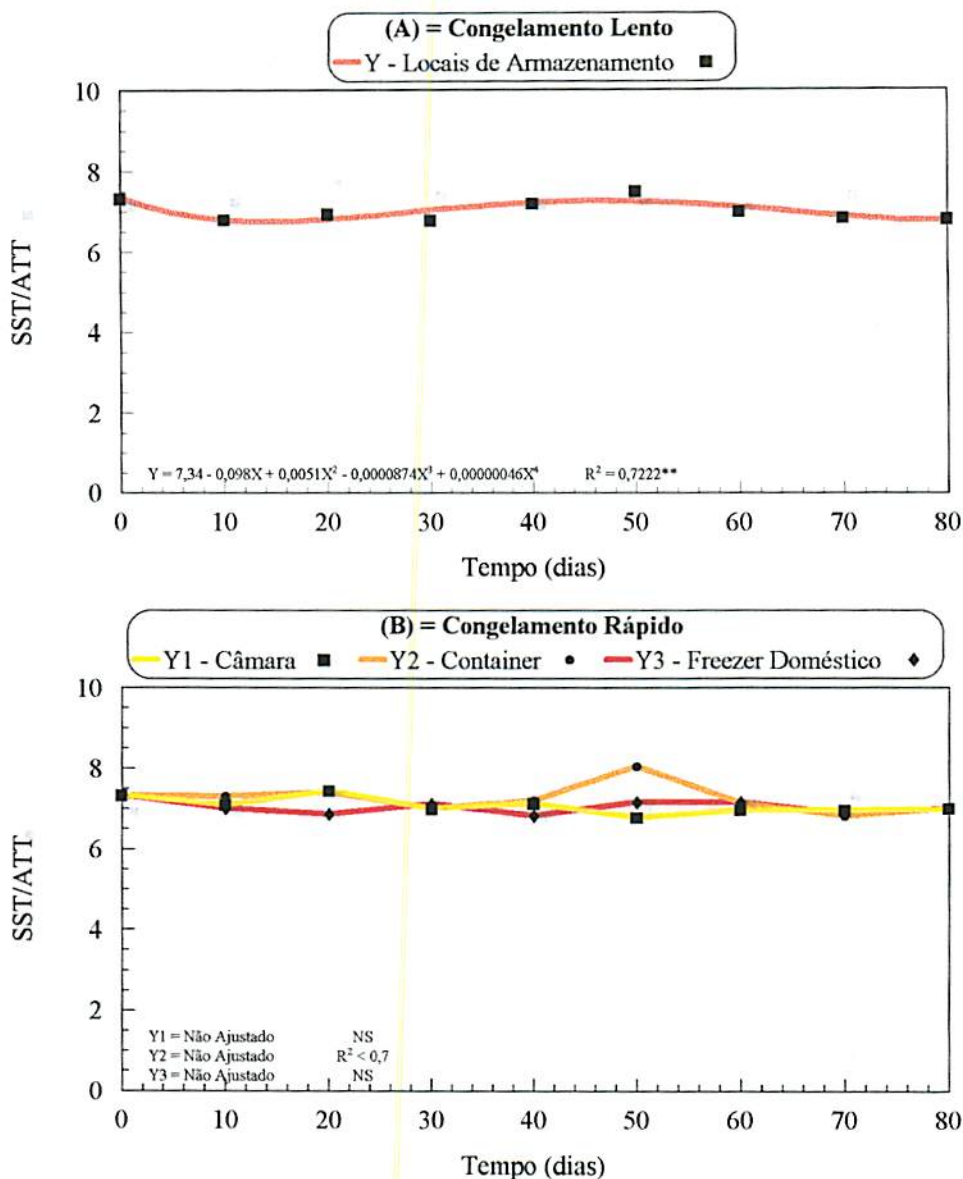


FIGURA 13 Relação sólidos solúveis/acidez de acerolas congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N₂ (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara (-10±3°C), *container* (-16±2°C) e *freezer* doméstico (-18±2°C) por 80 dias.

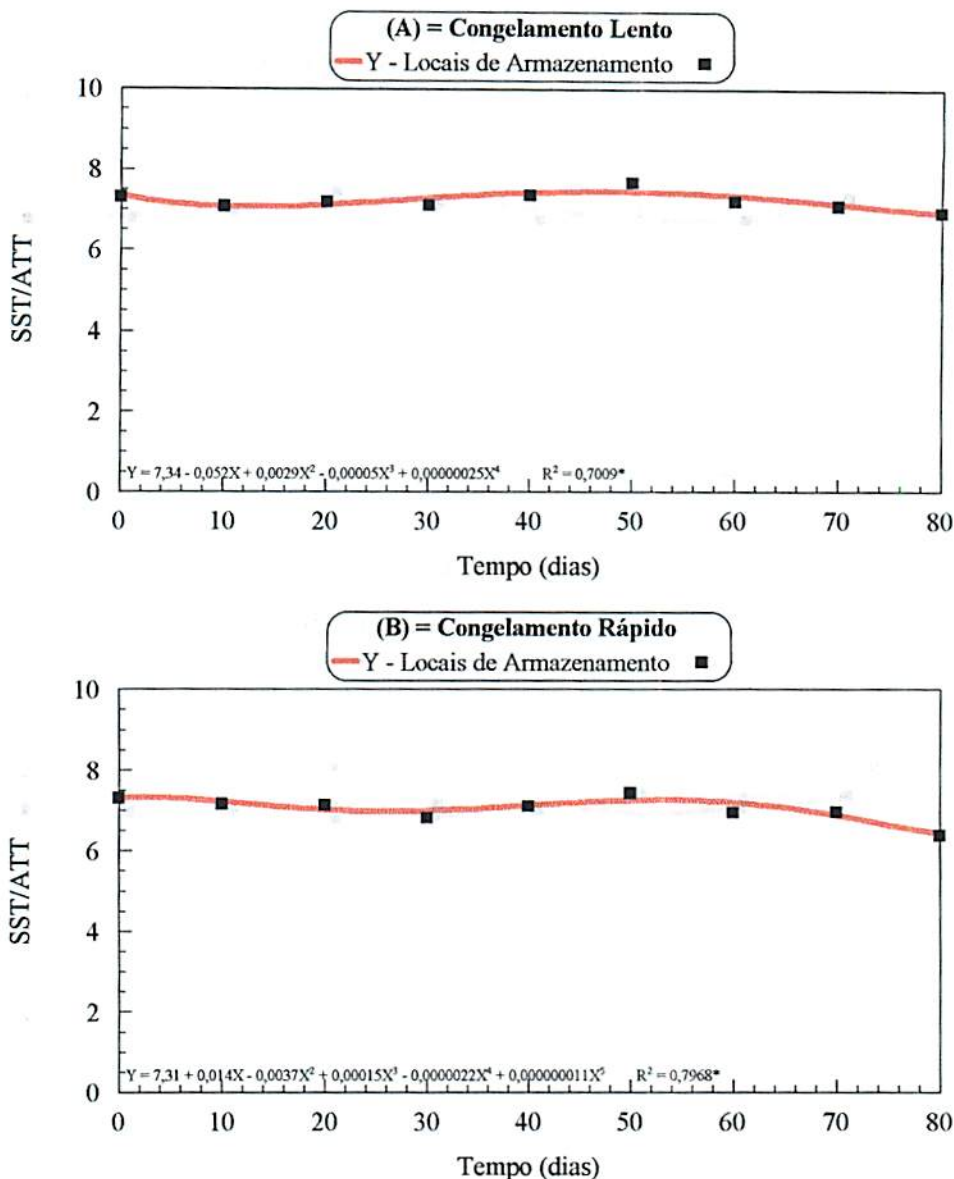


FIGURA 14 Relação sólidos solúveis/acidez de acerolas pré-resfriadas em água ($14 \pm 1^\circ\text{C}/10$ minutos), congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^\circ\text{C}$), *container* ($-16 \pm 2^\circ\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18 \pm 2^\circ\text{C}$) por 80 dias.

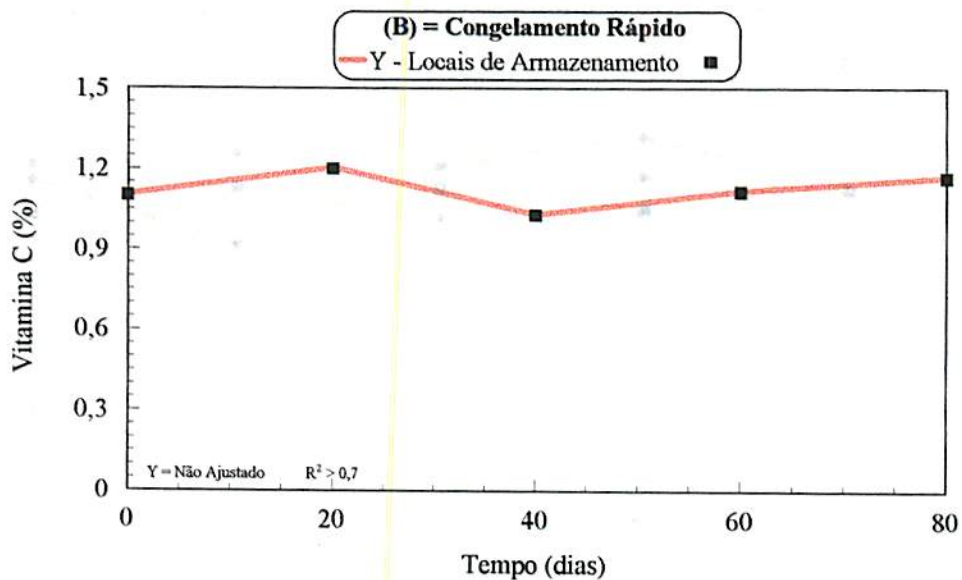
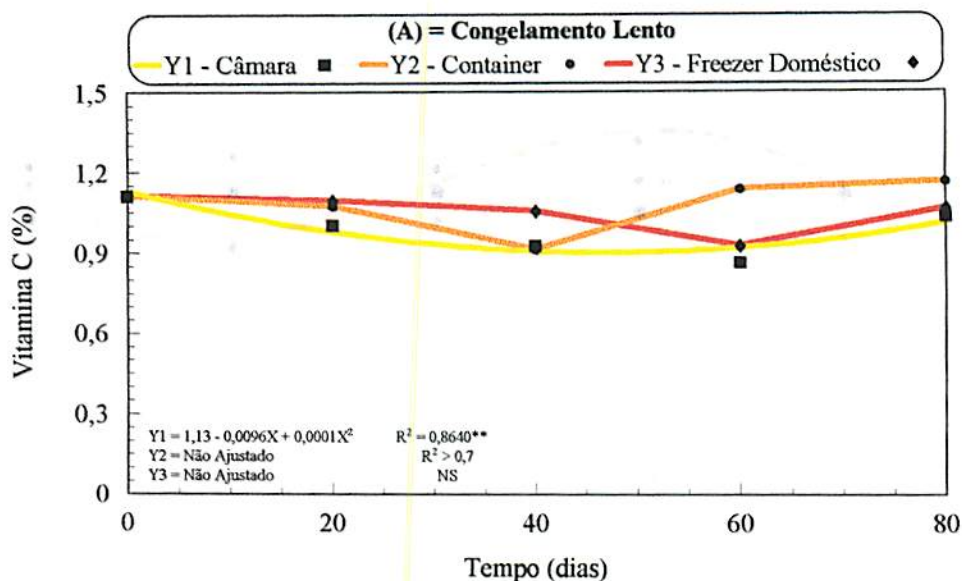


FIGURA 15 Vitamina C total de acerolas congeladas em câmara (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^{\circ}\text{C}$), *container* ($-16 \pm 2^{\circ}\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$) por 80 dias.

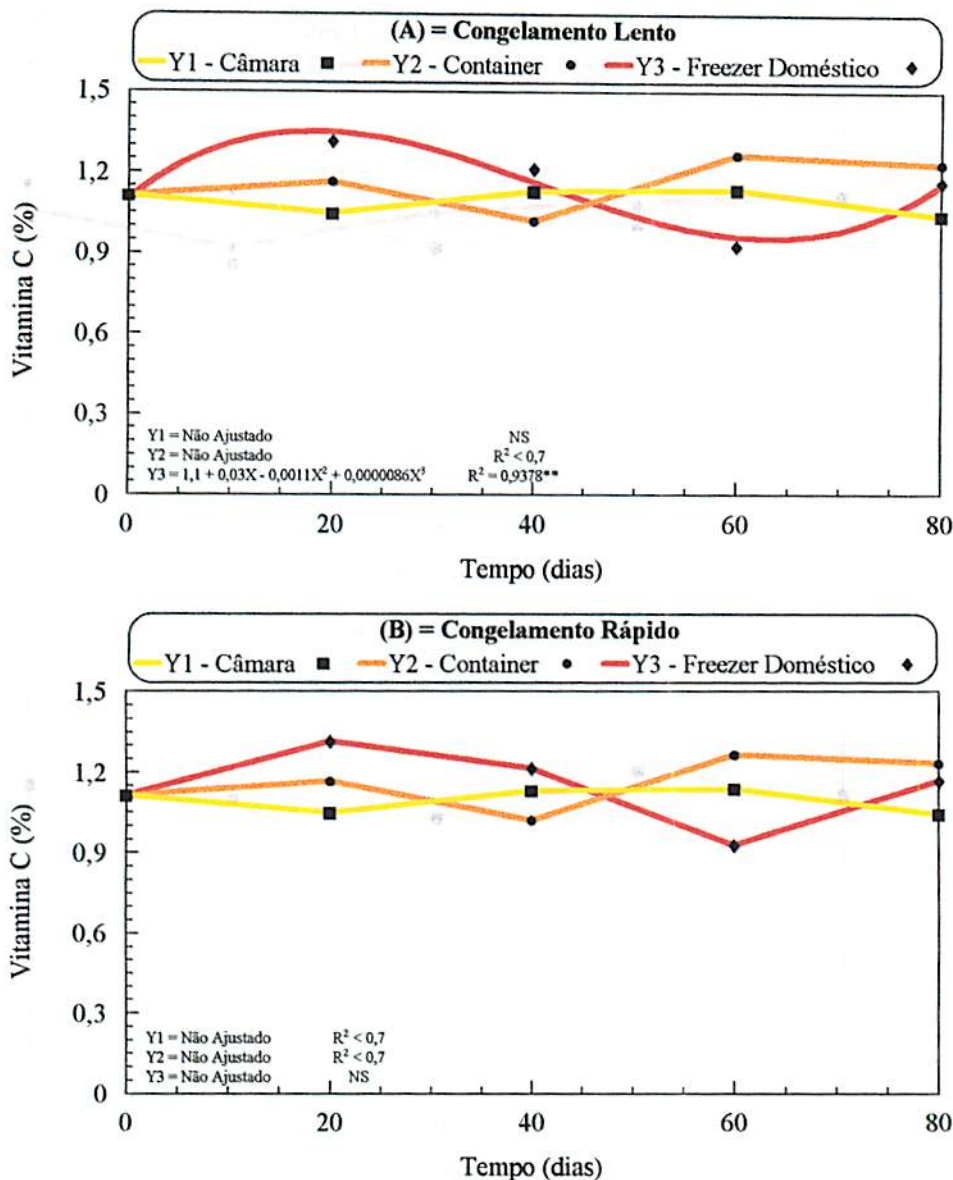


FIGURA 16 Vitamina C total de acerolas pré-resfriadas em água ($14 \pm 1^\circ\text{C}/10$ minutos), congeladas em (A = -15°C), por 24 horas, ou em túnel de N_2 (B = -71°C), por 8 minutos, e armazenadas em câmara ($-10 \pm 3^\circ\text{C}$), *container* ($-16 \pm 2^\circ\text{C}$) e *freezer* doméstico ($-18 \pm 2^\circ\text{C}$) por 80 dias.

De modo geral, as pequenas variações observadas com o tempo, para vitamina C e para os outros atributos de qualidade, podem ser atribuídas a amostragem destrutiva.

4 Conclusões

A partir dos resultados obtidos, nas condições em que foram realizados quatros ensaios, pode-se concluir que:

1) As acerolas armazenadas à -18°C conservaram-se sem alterações durante todo o período de armazenamento (80 dias), independentemente do tipo de congelamento utilizado;

2) Acerolas pré-resfriadas (14°C) e armazenadas a -16°C se conservaram por 80 dias mesmo quando submetidas ao congelamento lento;

3) O surgimento de danos por congelamento (frutos amarelos) durante o armazenamento ocorreu a partir dos 10 dias e se intensificou a partir dos 30 dias nas acerolas armazenadas a -10°C ;

4) Com exceção das acerolas submetidas a congelamento lento sem pré-resfriamento, não ocorreram alterações significativas nas características físico-químicas e químicas (sólidos solúveis, acidez, pH e vitamina C).

5 Referências Bibliográficas

- ALVES, R.E. *Acerola (Malpighia emarginata D.C.): fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada*. Lavras: ESAL, 1993. 99p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- ALVES, R.E.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Postharvest physiology of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits: maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.370, p.223-229, 1995.

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Washington: 1992. 1115p.**
- BARTOLOME, A.P.; RUPEREZ, P.; FUSTER, C. Freezing rate and frozen storage effects on color and sensory characteristics of pineapple fruit slices. Journal of Food Science, Chicago, v.61, n.1, p.154-160, 1996.**
- BATE-SMITH, E.C. Flavonoid compounds in foods. Advances in Food Research, New York, v.5, p.261-300, 1954.**
- BERNHARDT, L.W.; TOCCHINI, R.P.; PASCHOALINO, J.E. Mudanças que ocorrem durante o armazenamento de frutas e hortaliças congeladas. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.16, n.1, p.9-34, 1979.**
- BISSOLI JR., W. Qualidade de mangas (*Mangifera indica* L. cv. 'Tommy Atkins') sob influência da pulverização pré-colheita dos frutos com cálcio e boro. Lavras: ESAL, 1992. 86p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).**
- BLEINROTH, E.W.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.C. et al. Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.13-21. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21).**
- BLISKA, F.M.M.; LEITE, R.S.S.F. Aspectos econômicos e de mercado. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. Acerola no Brasil: produção e mercado. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1995. p.107-123.**
- BROUILLARD, R. The in vivo expression of anthocyanin colour in plants. Phytochemistry, Elmsford, v.22, n.6, p.1311-1323, 1983.**
- BROUILLARD, R.; DUBOIS, J.E. Mechanism of the structural transformations of anthocyanins in acidic media. Journal of the American Chemical Society, v.99, n.5, p.1359-1964, 1977.**
- BURG, S.P.; BURG, E.A. Fruit storage at subatmospheric pressures. Science, Washington, v.153, p.314-315, 1966.**

- CARNEIRO, C.S. Estruturação e morfologia de cristais de gelo sob a influência de concentrações e combinações de substâncias diversas. Lavras: UFLA, 1997. 135p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- CARVALHO, R.I.N.; MANICA, I. Influência de estádios de maturação e condições de armazenamento na conservação da acerola (*Malpighia glabra* L.). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.29, n.5, p.681-688, 1994.
- CONCEIÇÃO, M.P.J. Cinética da degradação térmica de antocianinas em suco de acerola (*Malpighia glabra* L.). Viçosa: UFV, 1997. 59p. (Dissertação - Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).
- CRUZ, V.D.; D'ARCE, L.P.G.; CASTILHO, V.M.; LIMA, V.A.; CRUZ, R.; GODINHO, P.H. Variações no teor de ácido ascórbico de acerolas (*Malpighia glabra* L.) em função do estágio de maturação e temperatura de estocagem. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, v.38, n.2, p.331-337, 1995.
- GOMES, F.P. Curso de estatística experimental. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.
- GUADARRAMA, A.S. Cambios químicos y actividad respiratoria durante la maduración de frutos de semeruco (*Malpighia puniceifolia* L.). Maracay: Universidad Central de Venezuela, 1982. 87p. (Trabajo de Ascenso).
- HELDMAN, D.R. Factors influencing food freezing rates. Food Technology, Chicago, p.100-109, 1983.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: IAL, 1985. v.1, 371p.
- KANESIRO, M.A.B.; DURIGAN, J.F.; BERTINI, E.F.; JERONIMO, E.M.; TOSTES, D.R.D. Efeito de embalagens e armazenamento à baixa temperatura na qualidade e vida útil de acerolas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, Poços de Caldas, 1998. Anais... Poços de Caldas: SBCTA, 1998. v.1, p.248-251.

- MARTÍ, J.; AGUILERA, J.M. Efecto de la velocidad de congelación en las características mecánicas y microestructurales del arándano y de la mora silvestre. *Revista Agroquímica tecnológica Alimentar*, Milano, v.3, p.315-325, 1991.
- MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Color stability and structural transformations of cyanidin 3,5-diglucoside and four 3-deoxynathocyanins in aqueous solutions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.35, p.422-426, 1987.
- NEVES FILHO, L.C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. Campinas: IBF/ABRAVA/SINDRATAR, 1991. 165p.
- OLIVA, P.B. **Estudo do armazenamento da acerola *in natura* e estabilidade do néctar de acerola**. Campinas: UNICAMP, 1995. 103p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- REID, D.S. **Fundamental physicochemical aspects of freezing**. Food Technology, Chicago, p.110-115, 1983.
- RESENDE J.V. **Redução de danos de congelamento em frutos de melão (*Cucumis melo L. Inodorus*) utilizando substâncias crioprotetoras de concentrações e origens diversas**. Lavras: UFLA, 1995. 136p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- SANTINI JR., R.; HUYKE, A.S. Identification of the anthocyanin present in the acerola which produces color changes in the juice on pausterization and canning. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*, Rio Piedras, v.40, p.171-178, 1956.
- SANCHES, J.; KANESIRO, M.A.B.; DURIGAN, J.F.; TOSTES, D.R.D. **Qualidade de acerolas durante o congelamento**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, Poços de Caldas, 1998. *Anais...* Poços de Caldas: SBCTA, 1998. v.1, p.365-368.
- SANTOS, A.R.L. **Qualidade pós-colheita de acerola para o processamento, em função de estádios de maturação e condições de armazenamento**. Cruz das Almas: EAUFBA, 1997. 76p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Agrárias).

- SEMENSATO, L.R. **Caracterização físico-química de frutos de genótipos de acerola (*Malpighia* sp.), cultivados em Anápolis-GO, processamento e estabilidade de seus produtos.** Goiânia: UFG, 1997. 74p.
- STAFFORD, H.A. **Flavonoid metabolism.** Boca Raton: CRC Press, 1990. 286p.
- STROHECKER, R.; HENNING, H.M. **Análisis de vitaminas: métodos comprobados.** Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.
- WROLSTAD, R.E.; PUTNAM, T.P.; VARSEVELD, G.W. Color quality of frozen strawberry: Effect of anthocyanin, pH, total acidity and ascorbic acid variability. **Journal of Food Science**, Chicago, v.35, n.4, p.448-453, 1970.
- WROLSTAD, R.E.; SKREDE, G.; LEA, P.; ENERSEN, G. Influence of sugar on anthocyanin pigment stability in frozen strawberries. **Journal of Food Science**, Chicago, v.55, n.40, p.1064-1065, 1072, 1990.

CAPÍTULO III

QUALIDADE DE ACEROLA CONGELADA SUBMETIDA À APLICAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CÁLCIO ASSOCIADO A ADITIVOS

RESUMO

Os experimentos foram desenvolvidos utilizando-se as dependências e instalações de uma empresa produtora e exportadora (Mossoró Agro-industrial S.A.), em Mossoró, RN, com objetivo de avaliar o efeito da utilização do cálcio associado ou não a aditivos, sobre a cor e qualidade de acerolas congeladas durante o armazenamento. Depois da colheita e seleção, os frutos foram submetidos aos tratamentos por imersão (2 minutos) e congelados (-20°C) durante 24 horas. No primeiro ensaio os frutos foram imersos em soluções contendo 0, 50, 100 ou 200 mM de Ca e no segundo as mesmas doses associadas a 0,5% de ácido cítrico + 0,03% de ácido ascórbico (aditivos). Os frutos foram embalados em sacos de polietileno para 250 g, dispostos em caixas de papelão para 18 Kg e armazenados por 4 meses (-20°C). Foram feitas avaliações a cada mês quanto a danos por congelamento, sólidos solúveis, açúcares solúveis, pH, acidez e vitamina C e no final dos experimentos quanto aos teores de antocianinas totais. Os melhores resultados em relação à manutenção da cor dos frutos foram obtidos com a aplicação de cálcio na concentração de 200 mM associado ou não a aditivos. Com exceção da concentração de 200 mM de cálcio, a associação com aditivos manteve os teores de antocianinas totais mais altos. Não ocorreram alterações significativas na qualidade interna dos frutos durante o armazenamento (4 meses).

ABSTRACT


QUALITY OF FROZEN ACEROLA SUBMITTED TO POSTHARVEST CALCIUM APPLICATION ASSOCIATED TO ADITIVES

Experiments were carried out using the fittings and equipment of MAISA, a commercial producing company in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil, with the aim of evaluating the effect of calcium associated or not to additives on the quality of frozen acerola during storage. After harvesting and selection, fruits were submitted to several treatments by immersion (2 minutes) and freezing (-20°C) by 24 hours. For the first assay, fruits were dipped in solutions containing 0; 50; 100 or 200 mM Ca, and for the second, in the same Ca solutions added with 0.5% citric acid plus 0.03% ascorbic acid (additives). Frozen fruits were packed in 250 g bags, arranged in 18 kg cardboard boxes and stored for 4 months (-20°C). Fruits were evaluated monthly for freeze damage, soluble solids, pH, acidity, and vitamin C, and at the end of the assays for anthocyanin content. The best results for red color maintenance were obtained with 200 mM Ca associated or not to additives. The use of additives resulted in highest levels of anthocyanin, except when associated to 200 mM Ca. In general, no significant changes in Internal quality of fruits were observed during storage (4 months).

1 Introdução

O congelamento tem sido usado há muitos anos no mundo inteiro como um dos principais métodos de conservação de frutos perecíveis, como é o caso da acerola. O congelamento em condições adequadas garante ao produto características nutricionais, de cor, sabor e aroma que mais se aproximam às do produto fresco, quando comparado ao processado, o qual na maioria das vezes é exposto a tratamentos químicos (Gruda e Postolski, 1986; Southgate, 1992; Neves Filho, 1991 e 1994 e Carneiro, 1997).

Carneiro (1997) salienta ainda que a transição água-gelo apresenta a vantagem de fixar a estrutura do tecido e a água sob forma de cristais de gelo,



indisponibilizando-a como solvente e/ou como reativo. Assim, a difusão de outros compostos químicos no tecido é muito lenta, o que contribui, associado à diminuição na temperatura, para o decréscimo na velocidade da maioria das reações químicas e bioquímicas.

Apesar dos efeitos positivos do congelamento em relação à manutenção da qualidade de acerola, como verificado por Carvalho e Manica (1994), Cruz et al. (1995) e Santos (1997) por períodos mais curtos (6 a 40 dias). Outros autores também têm demonstrado ocorrer alterações na qualidade de acerolas conservadas desta forma, principalmente as relacionadas com a cor e o teor de vitamina C (Oliva, 1995; Semensato, 1997 e Sanches et al., 1998).

Além das perdas de vitamina C, que ocorrem durante o armazenamento da acerola congelada, o principal problema observado pelos produtores, processadores e distribuidores da fruta são as alterações indesejáveis na cor, que passa do vermelho para amarelo (Bleinroth, Menezes e Alves, 1996 e Semensato, 1997). Esta mudança descaracteriza completamente a coloração natural da mesma e conseqüentemente a dos produtos fabricados a partir desta, principalmente quando trata-se de polpas ou sucos.

Os efeitos do cálcio nos frutos têm recebido muita atenção, visto que as aplicações deste cátion produzem efeitos positivos no adiamento da maturação e da senescência, mediante a diminuição da respiração e da produção de etileno no complexo membrana-parede celular, assim como controle de distúrbios fisiológicos e na manutenção da qualidade dos frutos (d'Auzac, 1994; Ferguson et al., 1995 e Marschner, 1995). Resultados promissores com a aplicação de cálcio pós-colheita vêm sendo obtidos por Alonso, Rodríguez e Canet (1995) e Alonso, Canet e Rodríguez (1997), com cereja congelada, fruta que possui características físicas similares à acerola, principalmente quando associada ao uso de aditivos, como o ácido cítrico e o ácido ascórbico.

Apesar do grande número de trabalhos existentes na literatura comprovando o efeito positivo do cálcio nos frutos, inexistem estudos sobre as respostas da acerola, fresca ou congelada, à aplicação deste elemento mineral em relação à sua conservação e conseqüentemente à redução de danos causados pelo congelamento. Desta forma, procurou-se verificar o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio em diferentes concentrações, associada ou não a aditivos naturais, sobre as características físicas, físico-químicas e químicas de acerolas congeladas.

2 Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido a partir da realização de dois ensaios, nas dependências e instalações da MAISA (Mossoró Agro-industrial S.A.), da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), no Rio Grande do Norte e da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza-CE.

2.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos

A empresa está localizada no Pólo Agro-Industrial Mossoró-Assu, Rio Grande do Norte, latitude 5°11' Sul, longitude 37°20' W. Gr., 15 metros de altitude e clima quente e seco, classificação climática CWb de Köeppen, ou seja, semi-árido (Bissoli Jr., 1992). As características climáticas médias e/ou totais referentes ao ano que antecedeu a colheita, de acordo com os dados fornecidos pela estações meteorológicas da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM) e da MAISA, encontram-se nas Figuras 17 e 18.

Os frutos utilizados nos ensaios foram colhidos nas primeiras horas da manhã em plantas pertencentes ao plantio comercial da MAISA, Projeto 'Pomar', no estágio de maturação 6R (vermelho escuro), de acordo com escala desenvolvida por Alves (1993) e com o padrão comercial utilizado pela mesma.

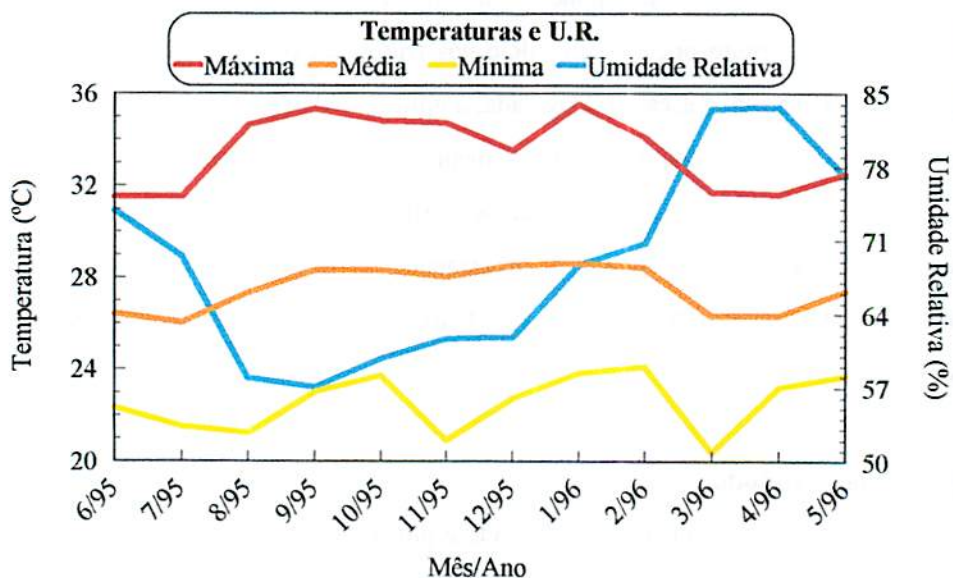


FIGURA 17 Temperaturas e umidade relativa na região de Mossoró-RN durante o ano que antecedeu a colheita dos frutos (junho/95 a maio/96).

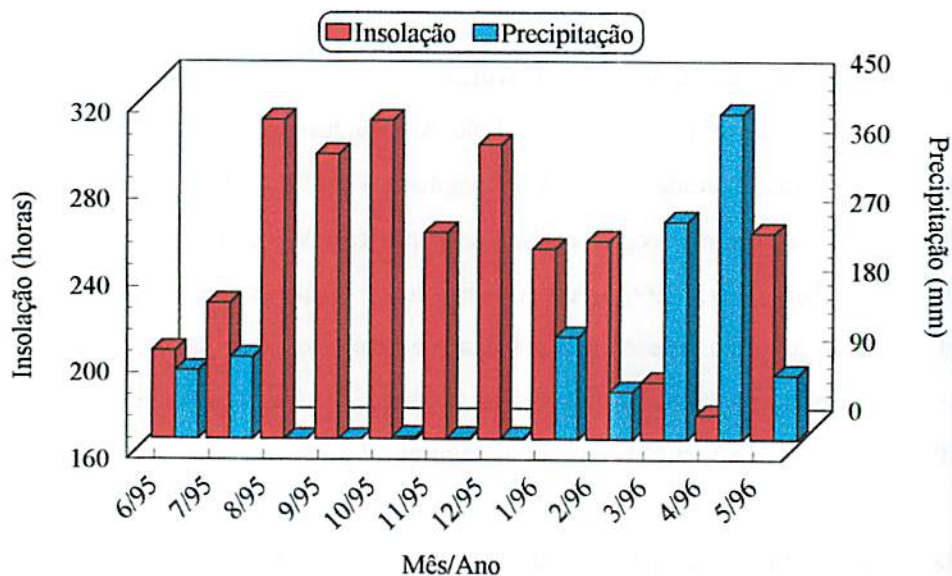


FIGURA 18 Insolação total e precipitação na região de Mossoró-RN durante o ano que antecedeu a colheita dos frutos (junho/95 a maio/96).

As aceroleiras foram plantadas em 1990 com mudas obtidas por via assexuada, receberam todos os tratos culturais exigidos pela cultura, inclusive irrigação, e encontravam-se em plena produção, por ocasião da colheita, realizada em maio de 1996.

2.2 Instalação e Condução dos Ensaio

Imediatamente após a colheita, os frutos foram transportados para o *Packing House*, colocados em esteiras rolantes e submetidos a uma rigorosa seleção manual, mantendo-se apenas aqueles de coloração vermelha, retirando-se detritos de qualquer natureza e frutos fora do padrão, ou seja, fermentados e/ou sem firmeza e colhidos antes do completo amadurecimento. Após a seleção, os frutos foram lavados (5-10 ppm de cloro), e, em seguida, submetidos aos tratamentos por imersão (2 minutos) relacionados no Quadro 3.

QUADRO 3 Tratamentos utilizados antes do congelamento (-20°C) das acerolas nos dois ensaios.

Ensaio	Tratamentos
I	1 - Testemunha (sem tratamento)
	2 - 50 mM de cálcio ¹ (\cong 0,2 %)
	3 - 100 mM de cálcio (\cong 0,4 %)
	4 - 200 mM de cálcio (\cong 0,8 %)
II	1 - Aditivos (0,5 % de ácido cítrico + 0,03 % de ácido ascórbico)
	2 - 50 mM de cálcio (\cong 0,2 %) + aditivos
	3 - 100 mM de cálcio (\cong 0,4 %) + aditivos
	4 - 200 mM de cálcio (\cong 0,8 %) + aditivos

¹utilizou-se CaCl₂ como fonte.

Após os tratamentos, os frutos foram congelados ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 24 horas e embalados manualmente em sacos de polietileno para 250 g, os quais foram fechados em seladora manual. As embalagens foram colocadas em caixas de papelão, duplamente ondulado, para 18 kg e armazenadas em câmara ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 4 meses. O monitoramento da câmara de armazenamento foi feito através de sensores colocados no interior das caixas.

Logo após o congelamento e a intervalos de 01 mês, os frutos foram avaliados quanto ao aparecimento de frutos amarelados (danos por congelamento). Os frutos foram processados em centrífuga doméstica, sendo parte da polpa separada para análises de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT) e pH e outra parte liofilizada para análises posteriores de açúcares solúveis, vitamina C total e antocianinas totais.

2.3 Análises

As avaliações das diferentes características de qualidade foram realizadas, após a obtenção da polpa em liquidificador doméstico, de acordo com as seguintes metodologias:

Danos por congelamento - através da escala, apresentada no Quadro 4, que foi estabelecida de comum acordo com os técnicos da empresa.

Antocianinas totais = doseados no final dos 4 meses, após extração com etanol acidificado, de acordo com Francis (1982). As leituras foram feitas a 535 nm e os resultados expressos em mg/100 g, obtidos através da fórmula: Absorbância x Fator de Diluição/98,2.

SST - determinado em refratômetro digital e expresso em °Brix, segundo recomendação da AOAC (1992).

Açúcares solúveis totais - doseados pelo método da Antrona, de acordo com metodologia descrita por Yemm e Willis (1954), e expressos em %.

QUADRO 4 Escala de notas para a avaliação de danos por congelamento.

Notas	Frutos Amarelos ¹	Conceito
0	0 - 5%	Ótimo
1	5 - 10%	Aceitável
2	10 - 20%	Razoável
3	20 - 30%	Ruim
4	> 30%	Péssimo

¹ contagem de frutos amarelos (mínimo de 50 % da superfície amarelada) por embalagem de 500 g

ATT e pH - determinados utilizando-se titulador automático. Após a determinação do pH inicial do suco diluído, com eletrodo de membrana de vidro, a amostra era titulada com solução de NaOH até o pH = 8,1, conforme metodologia do IAL (1985);

Relação SST/ATT - determinado pelo quociente entre as duas características;

Vitamina C Total - determinado por titulação com 2,6 diclorofenol-indofenol (DFI), segundo Strohecker e Henning (1967), e os resultados foram expressos em %.

2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

Os ensaios foram realizados em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 X 5, tendo como fatores tratamentos e tempos de armazenamento, respectivamente. Foram utilizadas 4 repetições representadas por cada unidade experimental, ou seja, embalagem contendo 250 g de acerolas congeladas.

A partir dos resultados das análises de variância preliminares, e verificando-se a interação entre os fatores, o tempo foi desdobrado dentro de cada tratamento e os resultados submetidos à análise de regressão polinomial, de acordo com Gomes (1987). Foram consideradas equações de até 3º grau. O coeficiente de determinação mínimo para utilização das curvas foi de 0,70. Os dados de danos por congelamento foram transformados em raiz quadrada de $X + 1$ para análise de variância. No caso das antocianinas, verificada a significância pelo teste F na análise de variância, submeteu-se os dados à análise de regressão polinomial.

3 Resultados e Discussão

As análises de variância (Tabelas 6A a 8A) dos resultados obtidos para as características de qualidade avaliadas revelaram interação significativa entre os fatores tratamentos e tempo de armazenamento para SST nos dois ensaios realizados, danos por congelamento no Ensaio I (cálcio) e açúcares solúveis no ensaio II (cálcio + aditivos). Para antocianinas totais, avaliadas no final dos experimentos, apenas no ensaio I (cálcio) foi observada significância estatística (Tabela 9A).

3.1 Danos por congelamento

A utilização do cálcio nas concentrações de 100 e 200 mM, associado ou não a aditivos, promoveu a manutenção da coloração vermelha por mais tempo. Estas concentrações promoveram uma redução de 6 e 12% no aparecimento de frutos amarelos, e quando associadas aos aditivos, de 8 e 16%, respectivamente (Figura 19). O tratamento 200 mM de Ca + aditivos apresentou os melhores resultados durante todo o tempo de armazenamento, com a manutenção de 88% dos frutos com coloração vermelha.

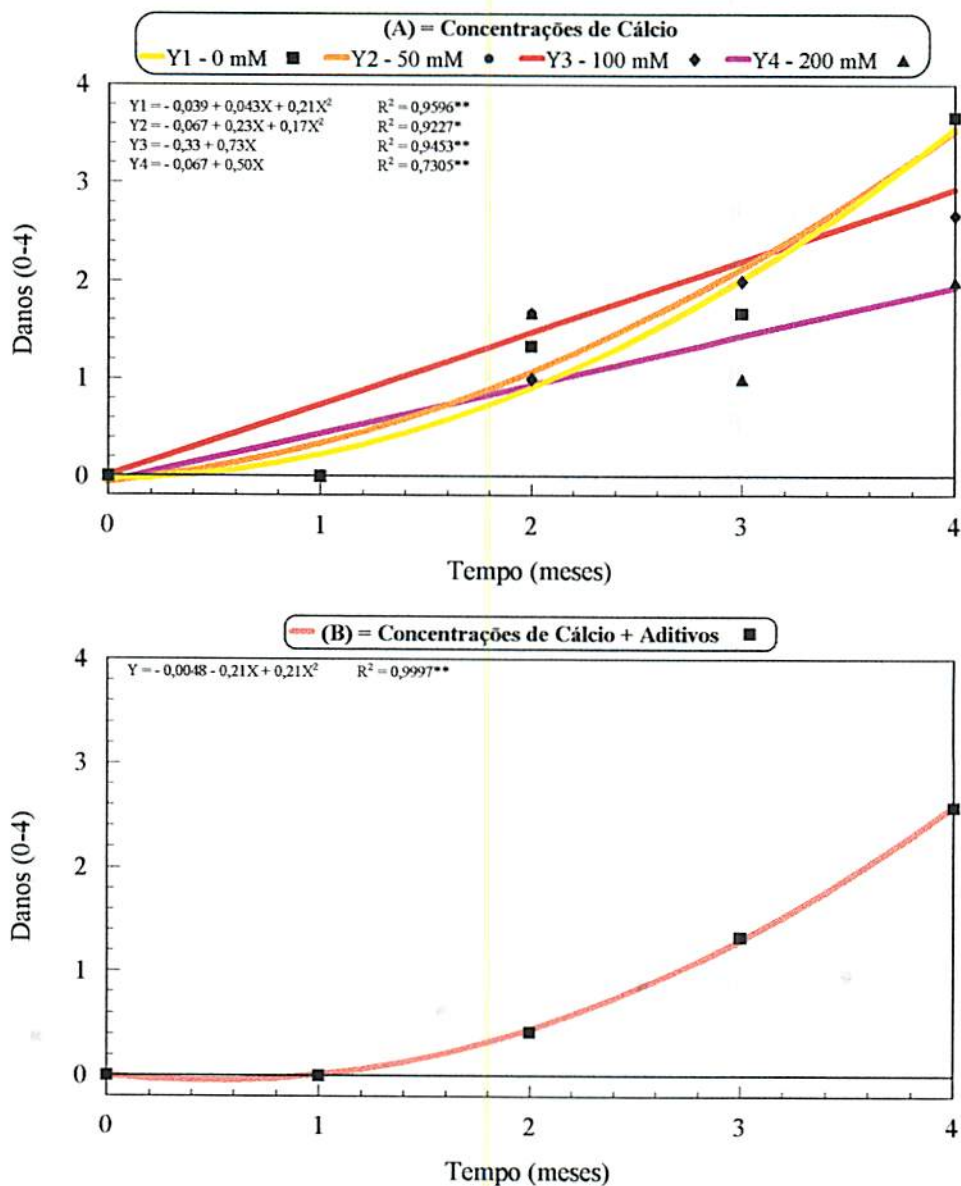


FIGURA 19 Danos por congelamento em acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio isolado (A) ou associado (B) a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%), congeladas e armazenadas por quatro meses (-20±2°C).

Considerando-se o padrão utilizado pelas empresas que trabalham com acerola congelada, apenas o Ca aplicado na concentração de 200 mM proporcionou valores aceitáveis para comercialização da fruta desta forma, no final do ensaio I (Figura 19A), ou seja nota entre 1 e 2 na escala. Apesar de não ter sido verificada a interação significativa entre as doses de cálcio associadas a aditivos e o tempo de armazenamento, estes fatores mostraram significância quando avaliados individualmente. Como no ensaio I, observou-se um aumento na ocorrência destes danos durante o armazenamento, que se acentuaram a partir do 2º mês (Figura 19B). Em média as concentrações de Ca associadas a aditivos proporcionam valores menores que 1 na escala utilizada, sendo este inversamente proporcional ao aumento das doses (Figura 20).

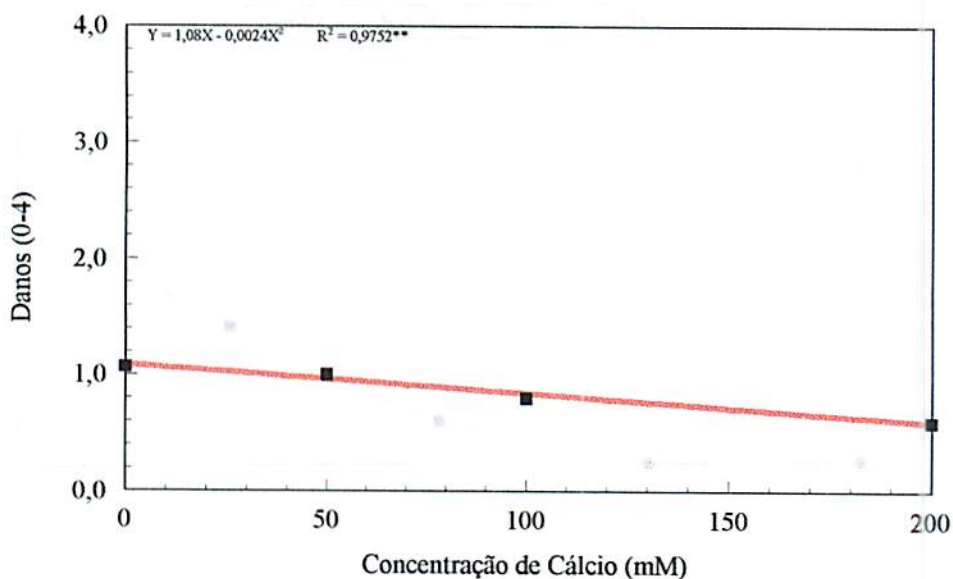


FIGURA 20 Danos por congelamento em acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio associado a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%).

Em geral, frutos e hortaliças constituem grande desafio para produtores de alimentos congelados. Estes materiais biológicos podem sofrer danos indesejáveis durante e após o congelamento por causa da natureza de seus tecidos. As células vegetais consistem do citoplasma envolvido pela membrana celular, sendo o todo contido dentro de uma estrutura mais rígida (parede celular) composta de fibras de celulose circundada por água (Resende, 1995).

Esta estrutura, salienta Carneiro (1997), é suportada pela pressão de turgor causada pela água contida dentro citoplasma e pode ser afetada física e quimicamente pela formação de cristais de gelo. Estes podem perfurar as paredes e membranas permitindo a reação entre enzimas e substratos, acelerando assim o rompimento de células e o desenvolvimento de danos, incluindo mudanças físicas de textura e cor, organolépticas e outras. No caso da acerola, como se verificou neste trabalho, estas se manifestam principalmente pela perda da cor vermelha, característica da fruta madura.

Quando os frutos são congelados lentamente, como é feito pela grande maioria das empresas que trabalham com acerola, devido ao alto custo do congelamento rápido, os cristais de gelo se localizam predominantemente nas regiões extracelulares. A formação destes cristais em tecidos vegetais pode levar a danos irreversíveis à parede celular, lamela média e protoplastos (Resende, 1995). De acordo com Carneiro (1997) existem dois mecanismos que podem promover o dano à estrutura celular e conduzir diretamente à diminuição da firmeza do tecido vegetal. O primeiro está relacionado com a possibilidade de perfuração do tecido vegetal pelo gelo intracelular, que contribui para a redução da pressão de turgor. O segundo relaciona-se com a quebra da estrutura da parede celular abrindo caminho para o colapso celular.

A formação de cristais intracelulares, qualquer que seja seu tamanho, também destrói a organização interna das células, alterando o metabolismo e

provocando a morte das mesmas (Cheftel, Cheftel e Besançon, 1982). Desta forma, os processos de congelamento e descongelamento levam à desintegração celular e conseqüentemente à degradação de pigmentos (Bartolome, Ruperez e Fuster, 1996).

No processamento não é possível fazer generalizações sobre o efeito de técnicas comumente usadas como pré-tratamentos sobre a textura e estrutura da parede celular. Porém, os processos que envolvem íons Ca, incluídos para prevenir o amolecimento de frutos podem facilmente ser relacionados a esses efeitos. É bem conhecido que elementos das cadeias de polissacarídeos pécticos podem acondicionar-se de forma intermolecular em associação com o cálcio para formar géis. O cálcio se fixa dentro de cavidades entre as cadeias ligando-se a grupos carboxilados e outros átomos eletronegativos que são ligantes favoráveis. A formação de géis resulta numa textura mais firme e no aumento da estabilidade das interligações entre os componentes celulose/hemicelulose e o restante da matriz (Poovaiah, 1988; Poovaiah, Glenn e Reddy, 1988; Carvalho e Chalfoun, 1991; d'Auzac, 1994; Ferguson et al., 1995 e Marschner, 1995). Isto explica a diminuição dos danos por congelamento naqueles frutos que receberam concentrações maiores deste elemento

Pela Figura 21 pode-se verificar que apesar de não haver diferença entre os teores finais de antocianinas totais nos dois ensaios, quando utilizou-se 200 mM de Ca, a associação das concentrações de cálcio com os aditivos permitiu um teor médio maior, mesmo quando não se utilizou cálcio na testemunha do ensaio II. Isto demonstra o efeito destes protetores da coloração utilizados no congelamento de cerejas (Alonso, Rodríguez e Canet, 1995 e Alonso, Canet e Rodríguez, 1997), e principalmente do ácido cítrico que além de atuar na manutenção do pH, é antioxidante e sequestrante metálico.

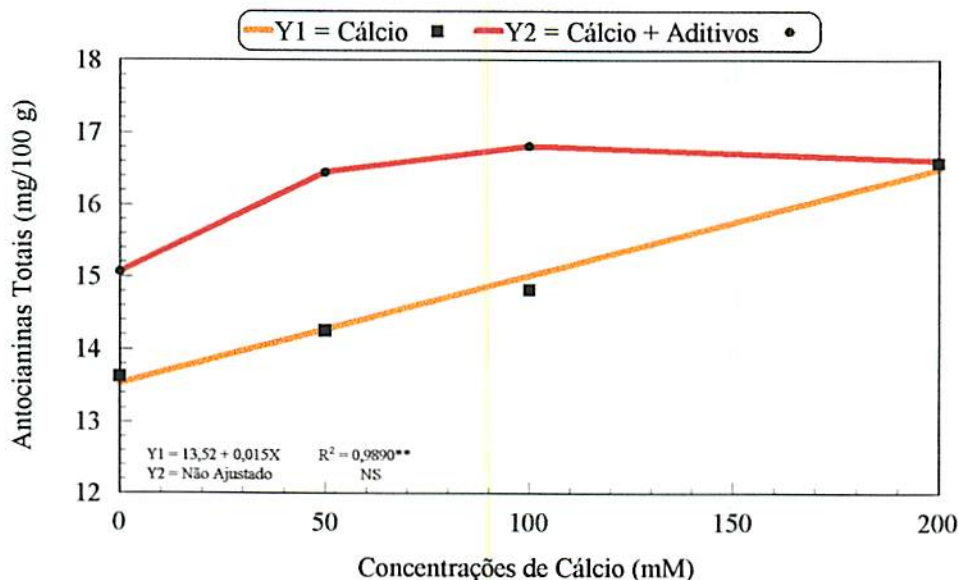


FIGURA 21 Antocianinas totais em acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio isolado ou associado a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%).

Como muitas substâncias podem coexistir com as antocianinas no vacúolo (outros compostos fenólicos, proteínas, peptídeos, açúcares, aminoácidos, ácidos orgânicos, minerais como Ca, K e Mg), não há dúvida que alguns podem interagir com as antocianinas resultando na prevenção da perda de cor ou igualmente na acentuação da mesma. A natureza química das antocianinas, concentração, presença de pigmentos, pH, copigmentos e algumas vezes a presença de íons metálicos, parecem ser os principais fatores que influenciam a cor das antocianinas no meio (Brouillard, 1983 e Stafford, 1990).

O pH, no entanto, destaca-se como o mais importante fator que afeta a cor das antocianinas (Mazza e Brouillard, 1987). Agindo muitas vezes como indicadores de pH, estes compostos geralmente são vermelhos em pH baixo, incolores em pH intermediário e azulados em pH elevado. A adição de ácidos orgânicos, desta forma, contribui para a estabilidade da cor vermelha (Bate-

Smith, 1954, Wrolstad, Putnam e Varseveld, 1970 e Mazza e Brouillard, 1987), como observado nesse trabalho.

3.2 Características físico-químicas e químicas

A qualidade interna das acerolas submetidas a diferentes doses de cálcio, associado ou não a aditivos, e congeladas, avaliada através das características acidez total titulável e pH (Figura 22), sólidos solúveis totais (Figura 23), açúcares solúveis totais (Figura 24), relação sólidos solúveis/acidez (Figura 25) e vitamina C (Figura 26), foi pouco afetada.

A acidez permaneceu em média nos dois ensaios em torno de 1,1 %, enquanto que o pH variou de 3,3 a 3,5 (Figura 25). Apesar desta característica ter grande importância na manutenção da estabilidade das antocianinas (Brouillard e Dubois, 1977 e Mazza e Brouillard, 1987), pelo comportamento observado não se pode fazer uma associação direta entre esta e as alterações de cor observadas.

Apesar dos teores de sólidos solúveis totais terem permanecido em média em torno de 7,0°Brix (Figura 23), nos dois ensaios, e a relação sólidos solúveis/acidez (Figura 25) também ter variado muito pouco, observou-se uma pequena diminuição no teor de açúcares solúveis totais (Figura 24), indicando o início de um processo de senescência e da utilização dos mesmos respiração. O mesmo foi observado para os teores de vitamina C (Figura 26). Como discutido anteriormente, e salientado Gruda e Postolski (1986), enquanto que sob refrigeração os tecidos vegetais continuam vivos e o metabolismo é retardado, no congelamento as reações metabólicas são drasticamente reduzidas, porém não totalmente inibidas, principalmente no caso dos frutos que já se encontravam por 4 meses armazenados.

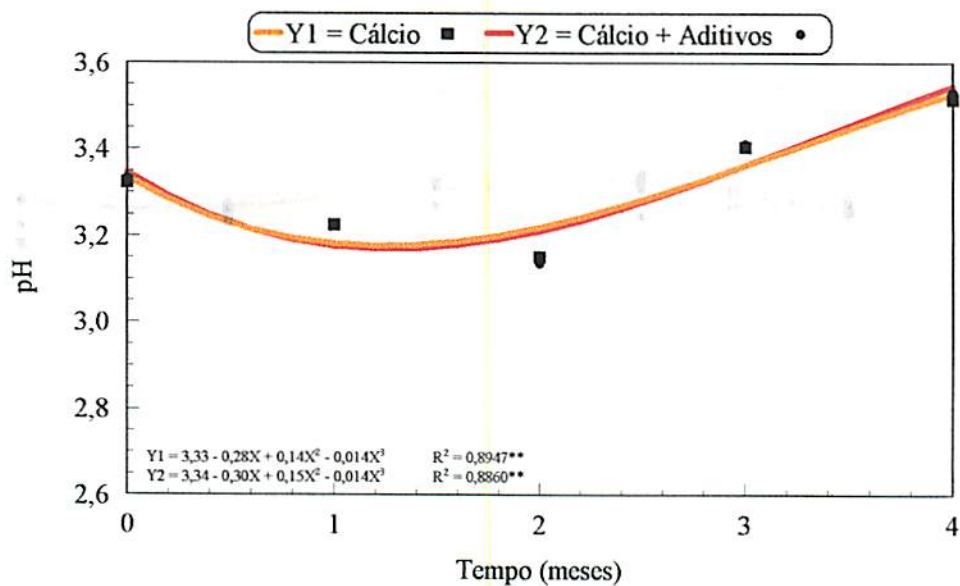
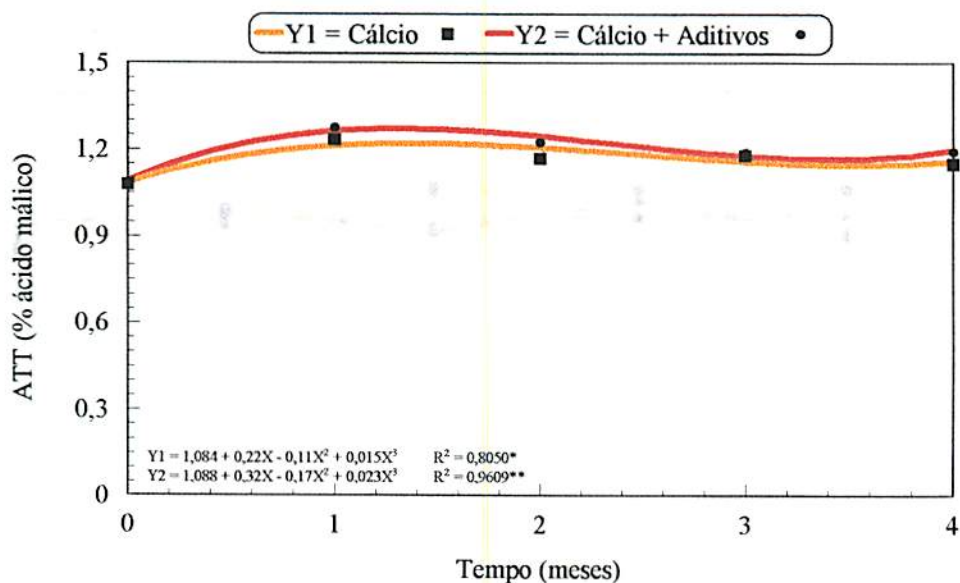


FIGURA 22 Acidez total titulável e pH de acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de cálcio isolado ou associado a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%), congeladas e armazenadas por quatro meses ($-20 \pm 2^\circ\text{C}$).

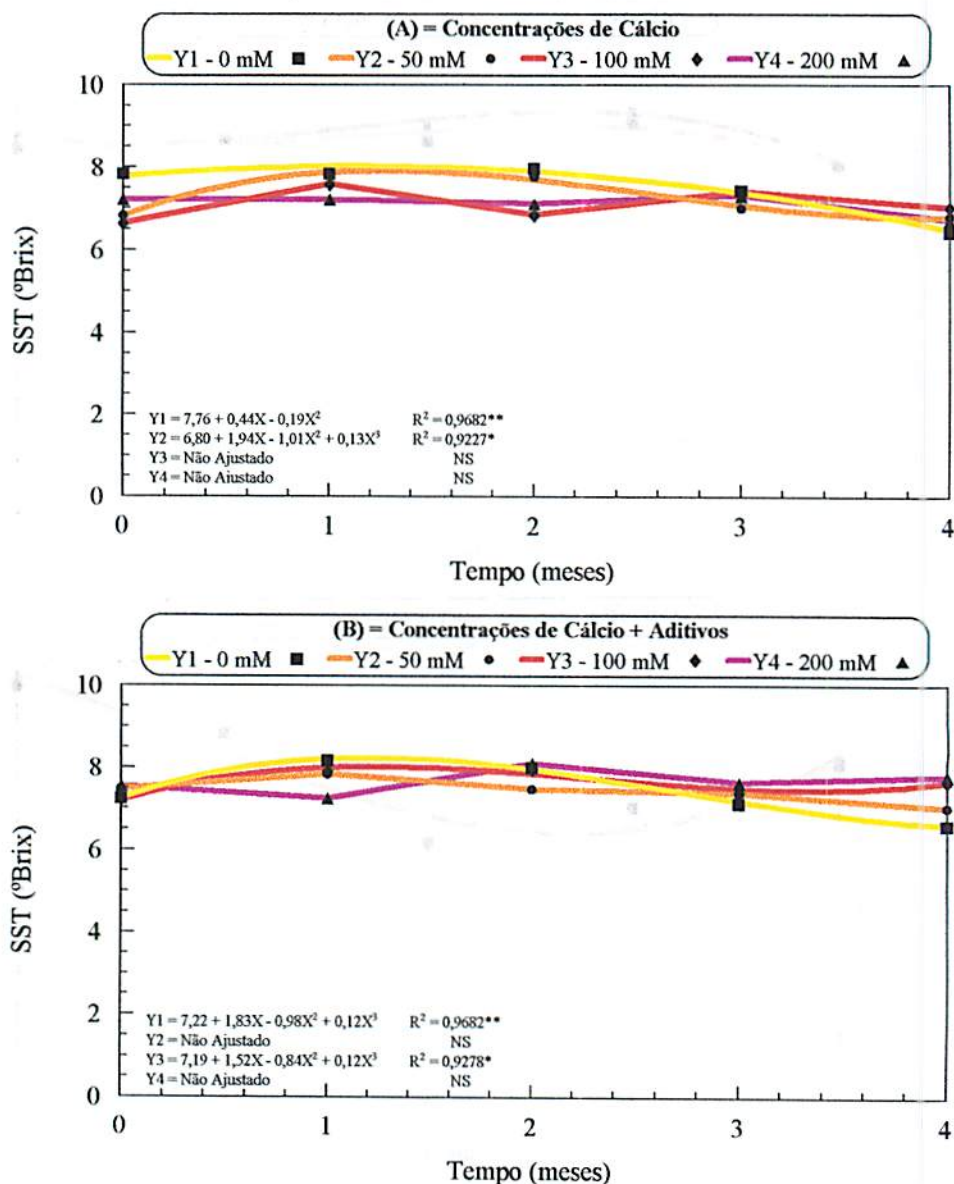


FIGURA 23 Sólidos solúveis totais de acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio isolado (A) ou associado (B) a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%), congeladas e armazenadas por quatro meses ($-20 \pm 2^\circ\text{C}$).

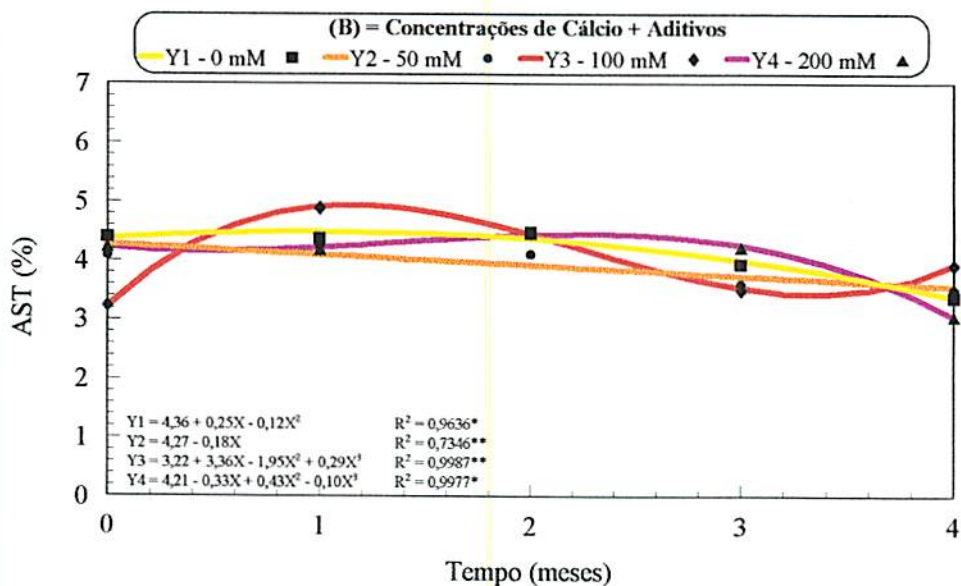
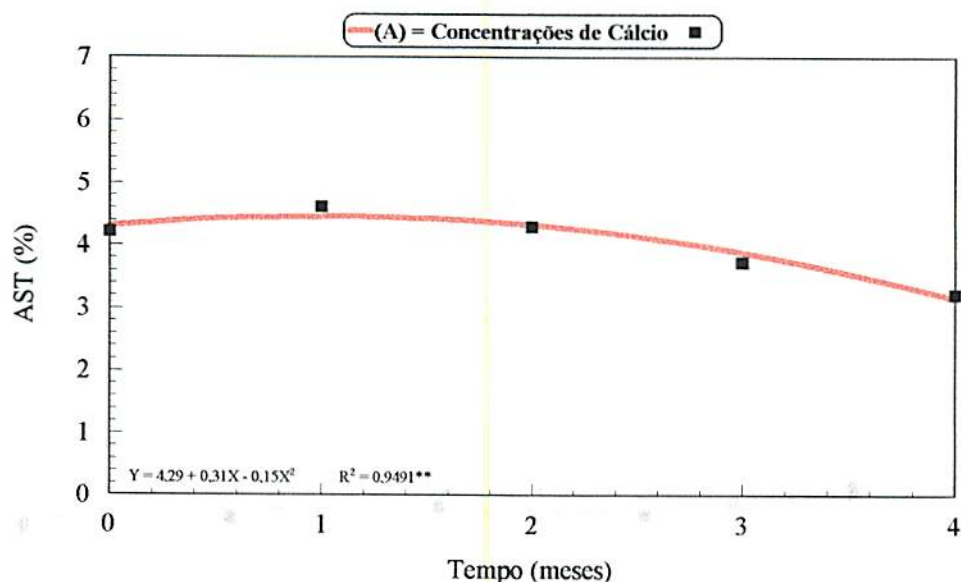


FIGURA 24 Açúcares solúveis totais de acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio isolado (A) ou associado (B) a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%), congeladas e armazenadas por quatro meses ($-20 \pm 2^\circ\text{C}$).

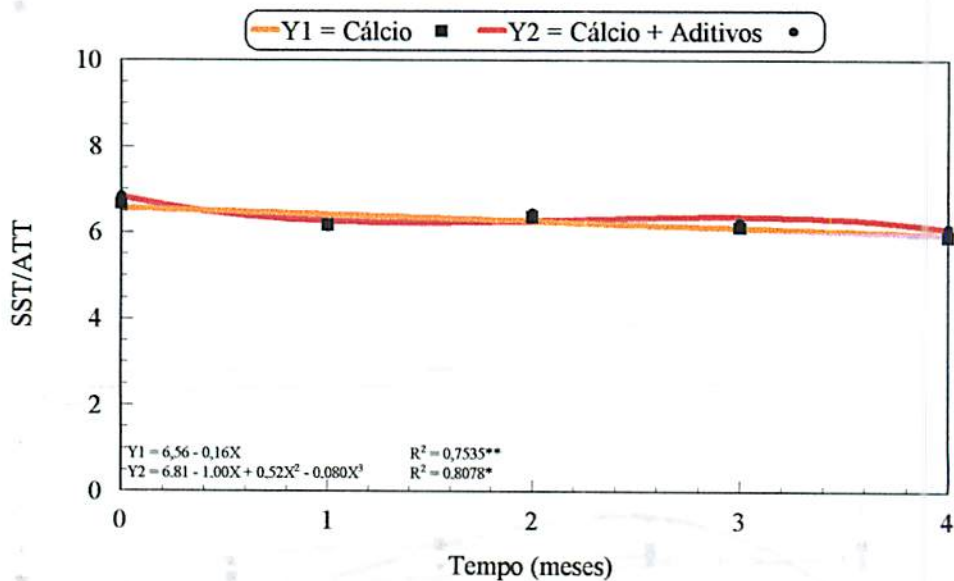


FIGURA 25 Relação sólidos solúveis/acidez de acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de cálcio isolado ou associado a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%), congeladas e armazenadas por quatro meses (-20±2°C).

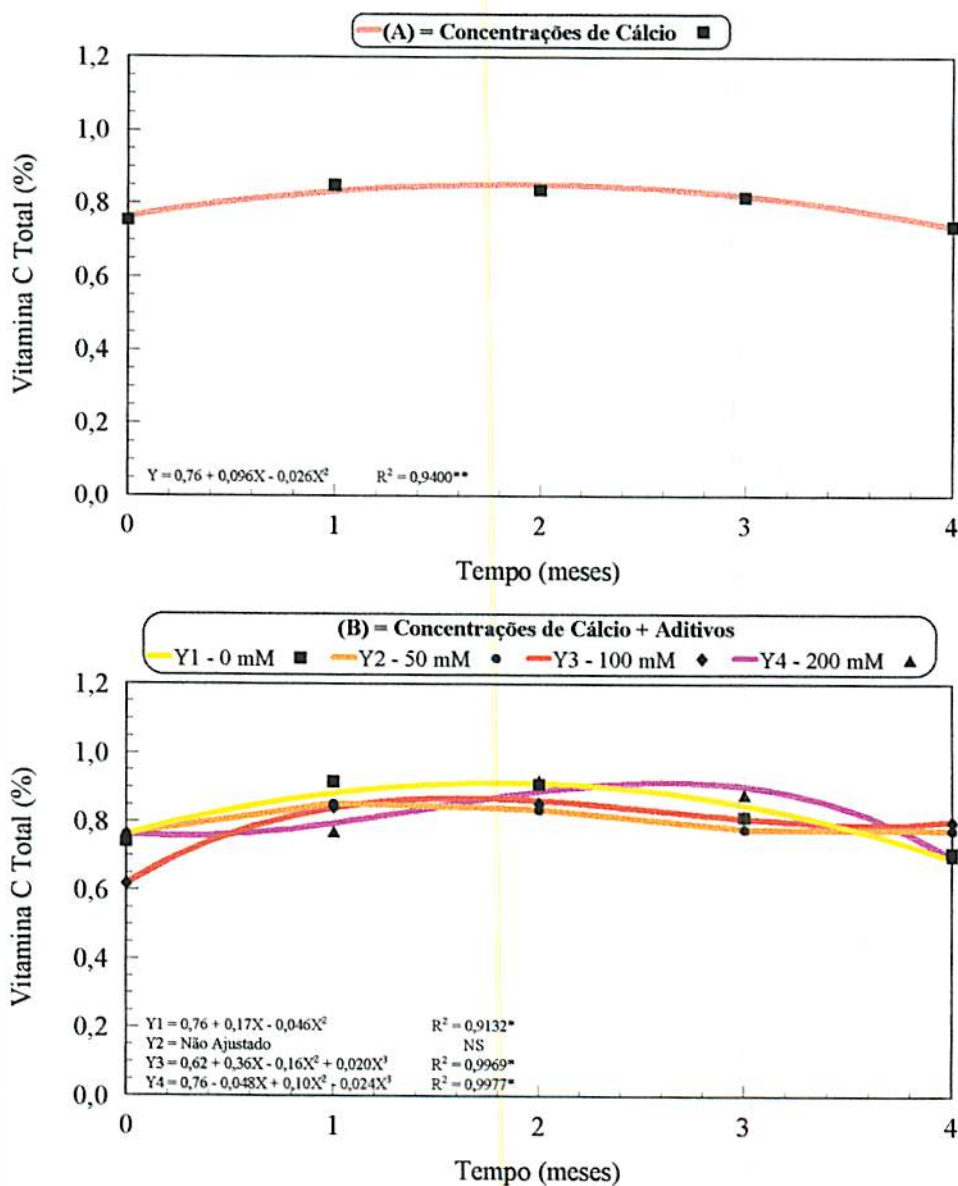


FIGURA 26 Vitamina C total de acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio isolado (A) ou associado (B) a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%), congeladas e armazenadas por quatro meses ($-20 \pm 2^\circ\text{C}$).

As reduções no teor de vitamina C foram mínimas quando comparadas ao observado por vários autores trabalhando com acerola, mesmo nos frutos que não foram imersos nas soluções contendo 0,03% de ácido ascórbico. Alguns autores (Singh, Singh e Chauhan, 1981; Tirmazi e Wills, 1981; Izumi e Watada, 1995 e Zambrano e Manzano, 1995) salientam a importância do Ca na manutenção da compartimentalização celular e conseqüentemente da vitamina C

Oliva (1995) e, em pesquisa mais recente, Sanches et al. (1998) armazenaram acerolas congeladas por 180 dias a -18 e -20°C, respectivamente, e relataram que os frutos mantiveram-se em boas condições durante este período. Apesar disto, no primeiro trabalho o autor observou uma perda de 21% no teor de vitamina C dos frutos, enquanto que na segunda pesquisa os autores encontraram um maior redução ainda maior, em torno de 36%. Já Semensato (1997) observou perdas de até 53%, após 90 dias de armazenamento a -10°C.

De modo geral, as pequenas variações observadas com o tempo para vitamina C e para os outros atributos de qualidade podem ser atribuídas a amostragem destrutiva.

4 Conclusões

A partir dos resultados obtidos, nas condições em que foram realizados os dois ensaios, pode-se concluir que:

1) Os melhores resultados em relação à manutenção da cor dos frutos foram obtidos com a aplicação de cálcio na concentração de 200 mM associado ou não a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%);

2) Com exceção da concentração de 200 mM de cálcio, a associação com aditivos manteve os teores de antocianinas totais mais altos;

3) Não ocorreram alterações significativas na qualidade interna dos frutos durante o armazenamento (4 meses).

5 Referências Bibliográficas

- ALONSO, J.; CANET, W.; RODRÍGUEZ, T. Thermal and calcium pretreatments affects texture, pectinesterase and pectic substances of frozen sweet cherries. **Journal of Food Science**, Chicago, v.62, n.3, p.511-515, 1997.
- ALONSO, J.; RODRÍGUEZ, T.; CANET, W. Effect of calcium pretreatments on the texture of frozen cherries. Role of pectinesterase in the changes in the pectic materials. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.43, n.4, p.1011-1016, 1995.
- ALVES, R.E. *Acerola (Malpighia emarginata D.C.): fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada*. Lavras: ESAL, 1993. 99p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: 1992. 1115p.
- BARTOLOME, A.P.; RUPEREZ, P.; FUSTER, C. Freezing rate and frozen storage effects on color and sensory characteristics of pineapple fruit slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v.61, n.1, p.154-160, 1996.
- BATE-SMITH, E.C. Flavonoid compounds in foods. **Advances in Food Research**, New York, v.5, p.261-300, 1954.
- BISSOLI JR., W. *Qualidade de mangas (Mangifera indica L. cv. 'Tommy Atkins') sob influência da pulverização pré-colheita dos frutos com cálcio e boro*. Lavras: ESAL, 1992. 86p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- BLEINROTH, E.W.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.C. et al. *Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.13-21. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21).
- BROUILLARD, R. The in vivo expression of anthocyanin colour in plants. **Phytochemistry**, Elmsford, v.22, n.6, p.1311-1323, 1983.

- BROUILLARD, R.; DUBOIS, J.E. Mechanism of the structural transformations of anthocyanins in acidic media. *Journal of the American Chemical Society*, v.99, n.5, p.1359-1964, 1977.
- CARNEIRO, C.S. Estruturação e morfologia de cristais de gelo sob a influência de concentrações e combinações de substâncias diversas. Lavras: UFLA, 1997. 135p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).
- CARVALHO, V.D.; CHALFOUN, S.M. A importância do cálcio na agricultura. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.15, n.170, p.17-28, 1991.
- CARVALHO, R.I.N.; MANICA, I. Influência de estádios de maturação e condições de armazenamento na conservação da acerola (*Malpighia glabra* L.). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.5, p.681-688, 1994.
- CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON. *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza: Acribia, 1982. v.2
- CRUZ, V.D.; D'ARCE, L.P.G.; CASTILHO, V.M.; LIMA, V.A.; CRUZ, R.; GODINHO, P.H. Variações no teor de ácido ascórbico de acerolas (*Malpighia glabra* L.) em função do estágio de maturação e temperatura de estocagem. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, v.38, n.2, p.331-337, 1995.
- D'AUZAC, J. Le calcium un messenger dans la réponse des plantes aux stimuli. *Plantation, Recherche, Développement*, Montpellier, p.22-27, 1994.
- FERGUSON, I.B.; VOLZ, R.K.; HARKER, F.R.; WATKINS, C.B.; BROOKFIELD, P.L. Regulation of postharvest fruit physiology by calcium. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.398, p.23-30, 1995.
- FRANCIS, F.J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. *Anthocyanins as food colors*. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.

- GRUDA, Z.; POSTOLSKI, J. **Tecnologia de la congelacion de los alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1986. 631p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos.** São Paulo: IAL, 1985. v.1, 371p.
- IZUMI, H.; WATADA, A.E. Calcium treatment to maintain quality of Zucchini squash slices. **Journal of Food Science**, Chicago, v.60, n.4, p.789-793, 1995.
- MARSCHNER, H. Functions of mineral nutrients: macronutrients. In: _____. **Mineral nutrition of higher plants.** New York: Academic, 1995. p.229-312.
- MAZZA, G.; BROUILLARD, R. Recent developments in the stabilization of anthocyanins in food products. **Food Chemistry**, Essex, v.25, n.3, p.207-225, 1987.
- NEVES FILHO, L.C. GT “alimentos resfriados e congelados”. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 14, São Paulo, 1994. **Relatório dos Grupos de Trabalho**, São Paulo: SBCTA/USP, 1994. p.12-19.
- NEVES FILHO, L.C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos.** Campinas: IBF/ABRAVA/SINDRATAR, 1991. 165p.
- OLIVA, P.B. **Estudo do armazenamento da acerola *in natura* e estabilidade do néctar de acerola.** Campinas: UNICAMP, 1995. 103p. (Dissertação - Mestrado em Tecnologia de Alimentos).
- POOVAIAH, B.W. Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. **Hortscience**, Alexandria, v.23, n.2, p.267-371, 1988.
- POOVAIAH, B.W.; GLENN, G.M.; REDDY, A.S.N. Calcium and fruit softening: physiology and biochemistry. **Horticultural Reviews**, v.10, p.107-153, 1988.
- RESENDE J.V. **Redução de danos de congelamento em frutos de melão (*Cucumis melo* L. *Inodorus*) utilizando substâncias crioprotetoras de concentrações e origens diversas.** Lavras: UFLA, 1995. 136p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

- SANCHES, J.; KANESIRO, M.A.B.; DURIGAN, J.F.; TOSTES, D.R.D. Qualidade de acerolas durante o congelamento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, Poços de Caldas, 1998. Anais... Poços de Caldas: SBCTA, 1998. v.1, p.365-368.
- SANTOS, A.R.L. Qualidade pós-colheita de acerola para o processamento, em função de estádios de maturação e condições de armazenamento. Cruz das Almas: EAUFBA, 1997. 76p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Agrárias).
- SEMENSATO, L.R. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de acerola (*Malpighia* sp.), cultivados em Anápolis-GO, processamento e estabilidade de seus produtos. Goiânia: UFG, 1997. 74p.
- SINGH, B.P.; SINGH, H.K.; CHAUHAN, K.S. Effect of post-harvest calcium on the storage life of guava fruits. *Indian Journal of Agricultural Science*, New Delhi, v.51, n.1, p.44-47, 1981.
- SOUTHGATE, D. Conservacion de frutos y hortalizas. Zaragoza: Acribia, 1992. 216p.
- STAFFORD, H.A. Flavonoid metabolism. Boca Raton: CRC, 1990. 286p.
- STROHECKER, R.; HENNING, H.M. Analisis de vitaminas: métodos comprovados. Madrid: Paz Montalvo, 1967. 428p.
- TIRMAZI, S.I.H; WILLS, R.B.H. Retardation of ripening of mangoes by postharvest application of calcium. *Tropical Agriculture*, Trinidad, v.58, n.2, p.137-141, 1981.
- WROLSTAD, R.E.; PUTNAM, T.P.; VARSEVELD, G.W. Color quality of frozen strawberry: Effect of anthocyanin, pH, total acidity and ascorbic acid variability. *Journal of Food Science*, Chicago, v.35, n.4, p.448-453, 1970.
- YEMN, E.W. & WILLIS, A.J. The estimation of carbohydrate in plant extracts by anthrone. *The Biochemical Journal*, London, v. 57, p.508-14, 1954.

ZAMBRANO, J.; MANZANO, J. Influence du calcium sur la maturation et al conservation des mangues après leur récolte. **Fruits**, Paris, v.50, n.2, p.145-152, 1995.

CAPÍTULO IV

CÁLCIO E PECTINAS EM ACEROLA CONGELADA SUBMETIDA À APLICAÇÃO PÓS-COLHEITA DE CÁLCIO ASSOCIADO A ADITIVOS

RESUMO

Os experimentos foram desenvolvidos utilizando-se as dependências e instalações de uma empresa produtora e exportadora (Mossoró Agro-industrial S.A.), em Mossoró, RN, com o objetivo de determinar a influência da aplicação pós-colheita de cálcio em diferentes concentrações, associados ou não a aditivos naturais sobre os teores de cálcio e frações pécnicas de acerolas congeladas. Depois da colheita e seleção, os frutos foram submetidos a tratamentos por imersão (2 minutos) e congelados (-20°C) durante 24 horas. No primeiro ensaio os frutos foram imersos em soluções contendo 0, 50, 100 ou 200 mM de Ca, e no segundo nas mesmas soluções associadas a 0,5% de ácido cítrico + 0,03% de ácido ascórbico (aditivos). Os frutos foram embalados em sacos de polietileno para 250 g, dispostos em caixas de papelão para 18 Kg e armazenados por 4 meses (-20°C). Foram feitas avaliações a cada mês quanto aos teores de cálcio total, solúvel e insolúvel, e quanto aos teores de pectinas solúveis em água e HCl, no final de cada ensaio. Os frutos tratados com cálcio em pós-colheita apresentaram teores médios de Ca total, solúvel e insolúvel superiores às testemunhas, acompanhando a ordem crescente das dosagens. A concentração de 200 mM de Ca promoveu um incremento de 10% no teor de Ca insolúvel em relação às testemunhas. Ocorreu menor solubilização de pectinas à medida em que se aumentou a dose de Ca.

ABSTRACT

CALCIUM AND PECTIN CONTENTS IN FROZEN ACEROLA SUBMITTED TO POSTHARVEST CALCIUM ASSOCIATED TO ADITIVES

Experiments were carried out using the fittings and equipment of MAISA, a commercial producing company in Mossoró, Rio Grande do Norte, Brazil with the aim of evaluating the effect of calcium associated or not to additives on calcium and pectin contents of frozen acerola during storage. After harvest and selection, fruits were submitted to various treatments by immersion (2 minutes) and freezing (-20°C) 24 hours. For the first assay fruits were dipped in solutions containing 0, 50, 100 or 200 mM Ca, and for the second the same solutions were added with 0.5% citric acid plus 0.03% ascorbic acid (additives). Frozen fruits were packed in 250 g bags, arranged in 18 kg cardboard boxes and stored for 4 months. Fruits were evaluated every month for total, soluble and insoluble calcium contents and at end of the assays for pectin content. Total, soluble and insoluble calcium contents were higher in calcium treated acerolas than in controls. Dip in 200 mM calcium solution at promoted a 10% increase in insoluble calcium as compared to controls. Less pectin solubilization was observed as the calcium concentration increased.

1 Introdução

Entre os processos de preservação, o congelamento é o que mantém as características organolépticas e nutricionais mais similares às do produto fresco, porém exerce forte influência sobre a estrutura do produto causando danos à textura e microestrutura (Carneiro, 1997).

O tempo e a temperatura para congelamento, assim como para armazenamento, levam a alterações físicas, bioquímicas e nutricionais. O congelamento deve ser realizado no menor tempo possível, pois se este processo é lento ou há descongelamento, provocado pelo uso de temperaturas inadequadas durante o armazenamento, ocorrem alterações físicas muito drásticas no produto,

que no caso da acerola levam, principalmente, à perda da coloração vermelha, característica da fruta fresca (Bleinroth, Menezes e Alves, 1996).

A resistência da parede celular, portanto, é de fundamental importância para maior conservação destes frutos. Além disso, o fruto maduro utilizado para o congelamento, é bastante perecível (Alves, Chitarra e Chitarra, 1995), tendo passado por várias alterações na textura, relacionadas principalmente a solubilização de pectinas e outros componentes da parede celular, como demonstraram Alves et. al. (1996) e Lima et al. (1996).

A aplicação pós-colheita de sais de cálcio na planta ou no fruto pode, dependendo do produto, evitar total ou parcialmente os colapsos das membranas celulares e as injúrias fisiológicas causadas por estresses ambientais (Chitarra e Chitarra, 1990). Os efeitos do cálcio nos frutos têm recebido muita atenção, visto que as aplicações deste cátion permitem de maneira efetiva a manutenção da consistência firme do fruto, devido à sua função de ligação das pectinas ácidas da parede celular e da lamela média (Pinto Ricardo, 1983; Poovaiah, 1985; Hepler e Wayne, 1985; Poovaiah, 1988; Awad, 1993 e Axelos et al., 1996).

Apesar do grande número de trabalhos existentes na literatura comprovando o efeito positivo do cálcio nos frutos, inexistem estudos sobre as respostas da acerola, fresca ou congelada, à aplicação deste elemento. Desta forma, nesta pesquisa procurou-se verificar o efeito da aplicação pós-colheita de cálcio em diferentes concentrações, associado ou não a aditivos naturais, sobre os teores de cálcio e frações pécticas de acerolas congeladas.

2 Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido a partir da realização de dois ensaios, nas dependências e instalações da MAISA (Mossoró Agro-industrial S.A.), da

Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM), no Rio Grande do Norte e da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza-CE.

2.1 Origem, colheita e manuseio dos frutos

A empresa está localizada no Pólo Agro-Industrial Mossoró-Assu, Rio Grande do Norte, latitude 5°11' Sul, longitude 37°20' W. Gr., 15 metros de altitude e clima quente e seco, classificação climática CWb de Köppen, ou seja, semi-árido (Bissoli Jr., 1992). As características climáticas médias e/ou totais referentes ao ano que antecedeu a colheita, de acordo com os dados fornecidos pela estações meteorológicas da Escola Superior de Agricultura de Mossoró (ESAM) e da MAISA, encontram-se nas Figuras 27 e 28.

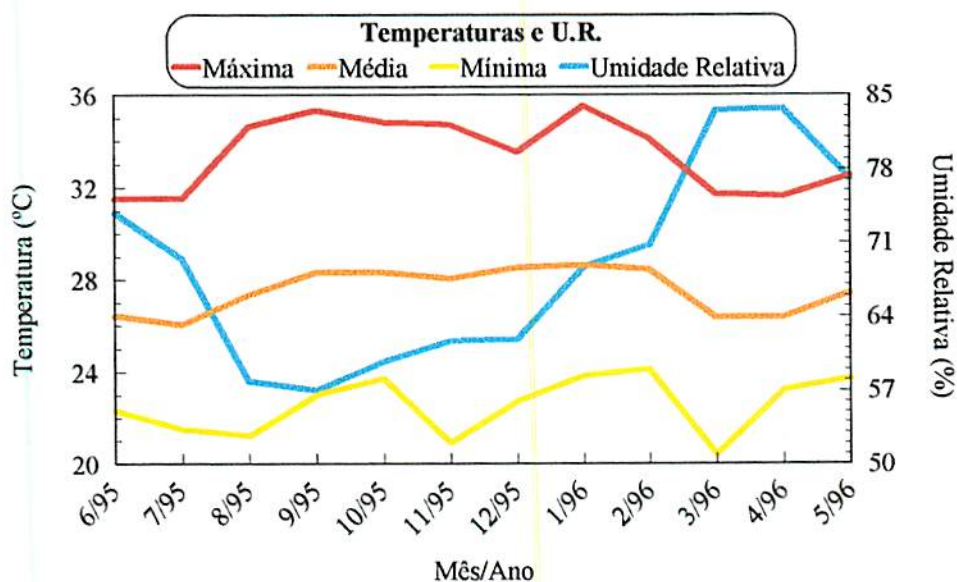


FIGURA 27 Temperaturas e umidade relativa na região de Mossoró-RN durante o ano que antecedeu a colheita dos frutos (junho/95 a maio/96).

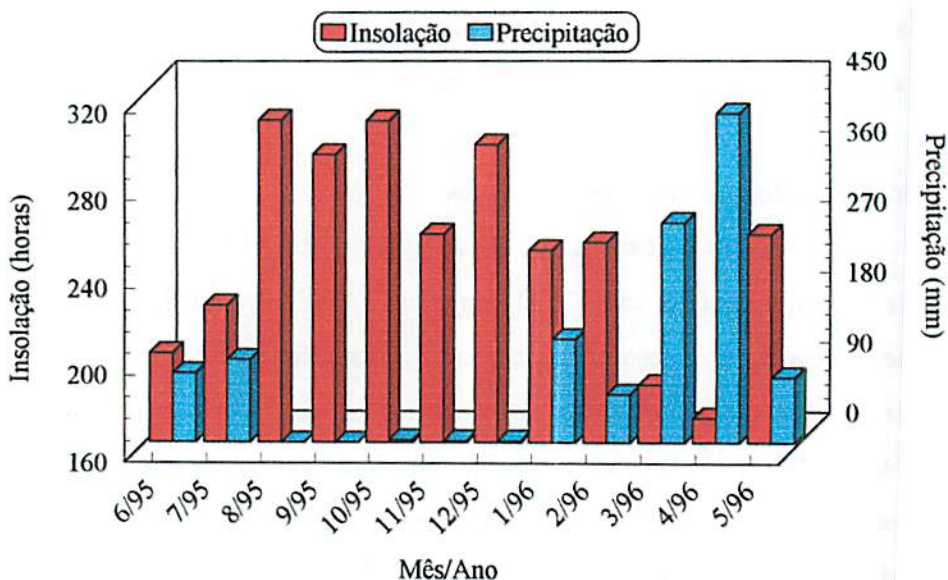


FIGURA 28 Insolação total e precipitação na região de Mossoró-RN durante o ano que antecedeu a colheita dos frutos (junho/95 a maio/96).

Os frutos utilizados nos ensaios foram colhidos nas primeiras horas da manhã em plantas pertencentes ao plantio comercial da empresa, Projeto 'Pomar', no estágio de maturação 6R (vermelho escuro), de acordo com escala desenvolvida por Alves (1993) e com o padrão comercial utilizado pela mesma.

As aceroleiras foram plantadas em 1990 com mudas obtidas por via assexuada, receberam todos os tratamentos culturais exigidos pela cultura, inclusive irrigação, e encontravam-se em plena produção, por ocasião da colheita, realizada em maio de 1996.

2.2 Instalação e condução dos ensaios

Imediatamente após a colheita os frutos foram transportados para o *Packing House*, colocados em esteiras rolantes e submetidos a uma rigorosa seleção manual, mantendo-se apenas aqueles de coloração vermelha, retirando-se

detrimentos de qualquer natureza e frutos fora do padrão, ou seja, fermentados e/ou sem firmeza e colhidos antes do completo amadurecimento. Após a seleção, os frutos foram lavados (5-10 ppm de cloro), e, em seguida, submetidos aos tratamentos por imersão (2 minutos) relacionados no Quadro 3.

QUADRO 3 Tratamentos utilizados antes do congelamento (-20°C) das acerolas nos dois ensaios.

Ensaio	Tratamentos
I	1 - Testemunha (sem tratamento)
	2 - 50 mM de cálcio ¹ ($\cong 0,2\%$)
	3 - 100 mM de cálcio ($\cong 0,4\%$)
	4 - 200 mM de cálcio ($\cong 0,8\%$)
II	1 - Aditivos (0,5 % de ácido cítrico + 0,03 % de ácido ascórbico)
	2 - 50 mM de cálcio ($\cong 0,2\%$) + aditivos
	3 - 100 mM de cálcio ($\cong 0,4\%$) + aditivos
	4 - 200 mM de cálcio ($\cong 0,8\%$) + aditivos

¹utilizou-se CaCl_2 como fonte.

Após os tratamentos, os frutos foram congelados ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$) durante 24 horas e embalados manualmente em sacos de polietileno para 250 g, os quais foram fechados em seladora manual. As embalagens foram colocadas em caixas de papelão, duplamente ondulado, e armazenadas em câmara ($-20\pm 2^{\circ}\text{C}$) por 4 meses. O monitoramento da câmara de armazenamento foi feito através de sensores colocados no interior das caixas.

Logo após o congelamento e a intervalos de 01 mês, os frutos foram processados em centrífuga doméstica e a polpa foi liofilizada para análises

posteriores de cálcio e pectinas. As pectinas foram analisadas apenas no final de cada ensaio.

2.3 Análises

As avaliações dos teores de cálcio e pectinas das acerolas foram realizadas, de acordo com as seguintes metodologias:

Cálcio total, solúvel e insolúvel - determinado por espectrofotometria de absorção atômica, após digestão nitroperclórica, de acordo com metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974). O cálcio solúvel foi extraído conforme recomendação de Siddiqui e Bangerth (1995a e 1995b) e cálcio insolúvel obtido por diferença. Os resultados foram expressos em mg por 100 g de matéria seca.

Pectinas - após a obtenção dos sólidos insolúveis em álcool (SIA), os mesmos foram submetidos à extração para separação das frações pécticas segundo metodologia sugerida por Mangas et al. (1992). Os teores de pectinas em cada fração foram determinados pelo método do meta hidroxidifenil (Blumenkrantz e Asboe-Hansen, 1973) e os resultados expressos em como % dos SIA.

2.4 Delineamento experimental e análises estatísticas

Os ensaios foram realizados em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4 X 5, sendo os fatores tratamentos e tempo de armazenamento, respectivamente. Foram utilizadas 4 repetições, representadas por cada unidade experimental, ou seja, saco contendo 250 g de acerolas congeladas.

A partir dos resultados das análises de variância preliminares, e verificando-se a interação entre os fatores, o tempo foi desdobrado dentro de cada tratamento e os resultados submetidos a análise de regressão polinomial, de

acordo com Gomes (1987). Foram consideradas equações de até 3º grau. O coeficiente de determinação mínimo para utilização das curvas foi de 0,70. No caso das pectinas, verificada a significância pelo teste F na análise de variância, submeteu-se os dados à análises de regressão polinomial.

3 Resultados e Discussão

3.1 Cálcio

Apesar da análise não ter revelado interação significativa entre os tratamentos e o tempo de armazenamento, e nem efeito do tempo de armazenamento, nos dois ensaios, os tratamentos utilizados apresentaram alta significância para os teores de cálcio (Tabelas 10A e 11A).

Nos dois ensaios, os frutos responderam linearmente à aplicação de cálcio, ocorrendo um acréscimo dos teores com o aumento da concentração utilizada (Figura 29). Os frutos que não receberam cálcio apresentaram em média 160 mg Ca total/100 g MS. Estes valores se encontram um pouco abaixo dos encontrados por Alves et al. (1990), avaliando os teores deste e de outros elementos por ocasião da colheita da acerola, que ficaram em torno de 200 mg. No entanto, os resultados obtidos para os frutos que receberam a concentração máxima (200 mM), foram mais que o dobro daqueles que não receberam cálcio.

Os tratamentos pós-colheita que visam aumentar o teor de cálcio em frutos e hortaliças podem ser realizados por meio de imersão, pulverização e infiltração sob pressão reduzida. Além disso, diferentes compostos e formulações comerciais contendo cálcio podem ser utilizados (Fernandes, 1996). Em alguns frutos têm-se evidenciado ação mais significativa do CaCl_2 , quando comparada a outras fontes.

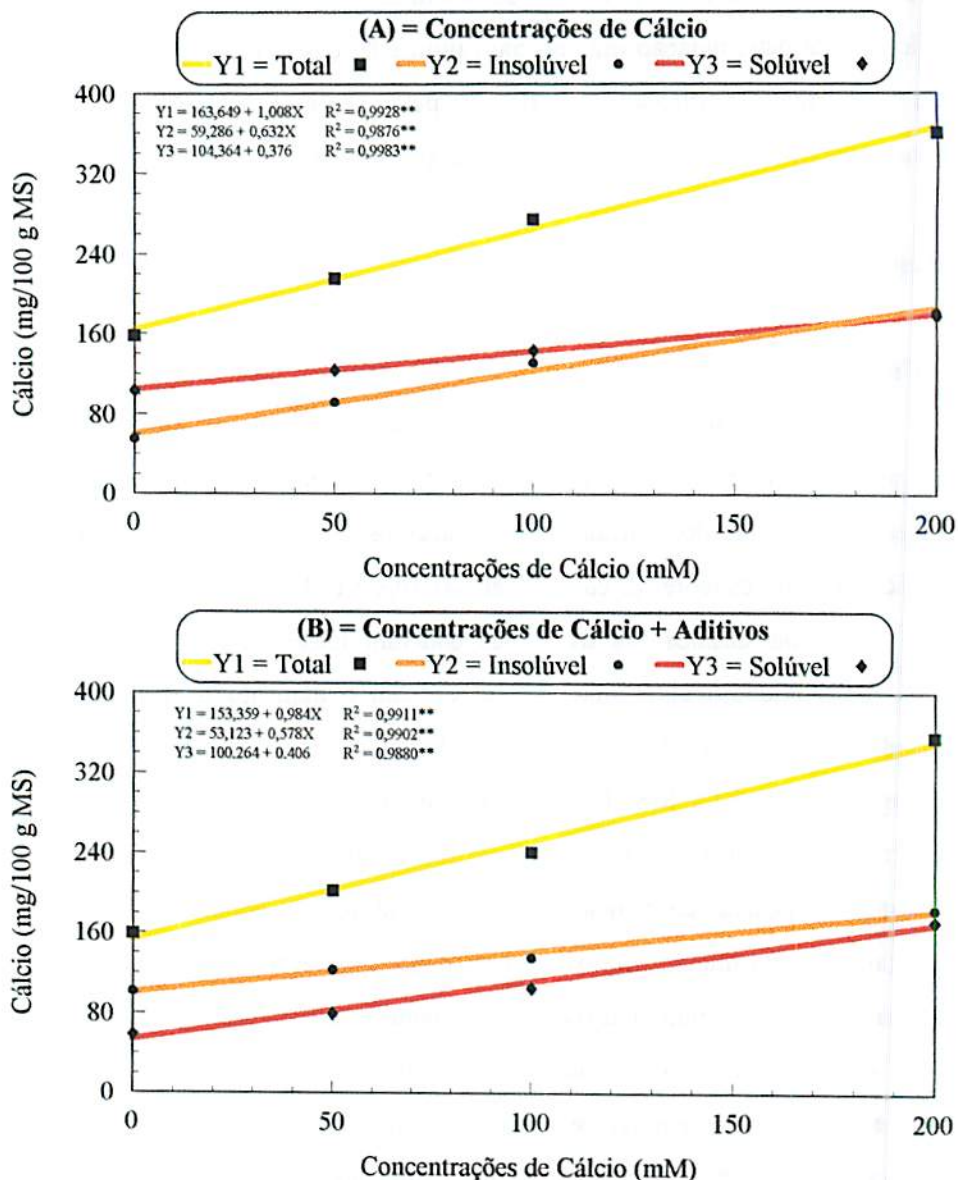


FIGURA 29 Teores de cálcio em acerolas submetidas a aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio isolado (A) associado (B) a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%) e congeladas ($-20 \pm 2^\circ\text{C}$).



Em alguns frutos, a espessura do mesocarpo, oferece uma barreira física que muitas vezes impede a absorção do cálcio, quando aplicado em pós-colheita, principalmente sem o auxílio de tratamentos suplementares (pressão reduzida), como foi observado em mamão por Qiu, Nishina e Paull (1995). Entretanto, a acerola pelos resultados obtidos (Figura 29), parece não só absorver, como também incorporar o cálcio aplicado. Nos dois ensaios, pode-se verificar incrementos nos teores de cálcio solúvel e insolúvel com o aumento das doses de cálcio, porém com uma tendência à saturação, indicando que doses acima das utilizadas poderiam não resultar em efeito linear.

Nos dois ensaios, os frutos que receberam a maior concentração de Ca (200 mM) apresentavam 10% de cálcio insolúvel a mais que as testemunhas. Sendo assim, a aplicação pós-colheita do cálcio, neste trabalho, favoreceu uma maior ligação do cálcio nas paredes celulares. O cálcio se liga a grupos carboxílicos das pectinas ou grupo hidroxílicos de polissacarídeos por ligações coordenadas ou eletrostáticas formando uma rede (modelo caixa de ovo) na parede celular que aumenta a força mecânica (Demarty, Morvan e Theiler, 1984).

Segundo Poovaiah (1988) o cálcio é essencial à estrutura e função das paredes celulares e membranas. O autor salienta que concentrações de 1 a 5 mM ocorrem na região da parede celular e que estas concentrações são essenciais para proteger a membrana plasmática e manter a integridade estrutural da parede celular. Se consideramos que todo o cálcio insolúvel (\cong 185 mg), proporcionado pela imersão em 200 mM, esteja na parede, teríamos valores em torno de 4,5 mM, o que explicaria a maior resistência desses frutos a danos por congelamento observada no Capítulo anterior.

3.2 Pectinas

Nos frutos que receberam cálcio, a fração de pectinas solúveis em água (ácidos pécticos ou pectinas de alta metoxilação) nos SAI, decresceu com o aumento da concentração de cálcio, independentemente da adição ou não de aditivos. Por outro lado, quanto maior a dose de cálcio utilizada, maiores os teores de pectinas solúveis em HCl (protopectina ou pectina ligada covalentemente). Isto evidencia mais uma vez a absorção e incorporação do cálcio na parede inibindo a atuação da poligalacturonase-PG, principal enzima responsável pelo amaciamento dos frutos (Alves et al. 1996).

Na maioria dos frutos a hidrólise das substâncias pécticas aumenta durante o amadurecimento, num processo atribuído à ação de enzimas pectolíticas, PG e pectinametilesterase-PME (Seymour, Lasslet e Tucker, 1987). A primeira catalisa a hidrólise de ligações α (1-4) entre dois resíduos adjacentes de ácido galacturônico, e a segunda promove a desmetilação na posição C6 de resíduos de ácido metil galacturônico. A presença do cálcio além de aumentar a insolubilidade ao material péctico, inibe a degradação pela PG (Alonso, Rodriguez e Canet, 1995) uma vez que o pectato de cálcio é resistente a atuação desta enzima (Hepler e Wayne, 1985), presente em frutos maduros de acerola (Alves et al., 1996), o que explicaria os resultados aqui obtidos.

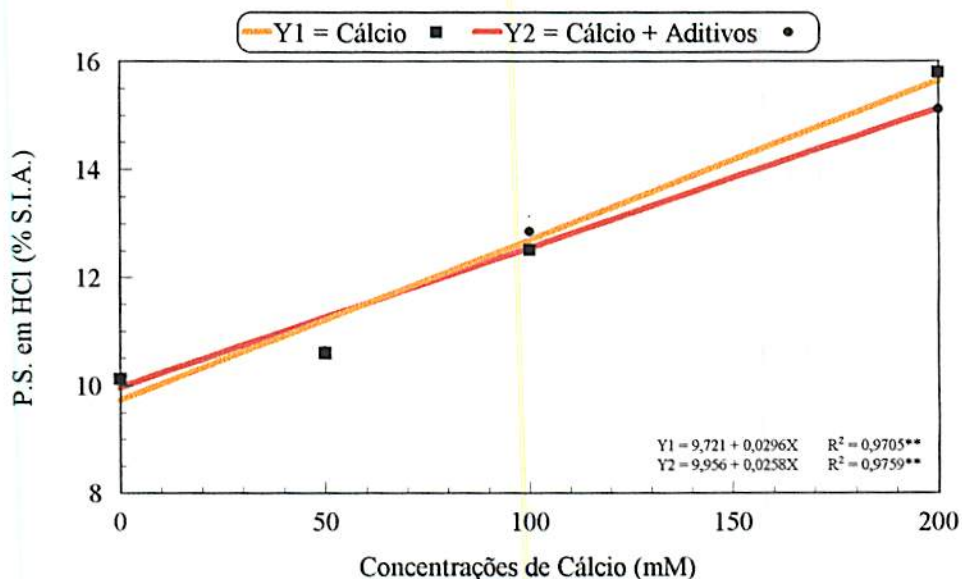
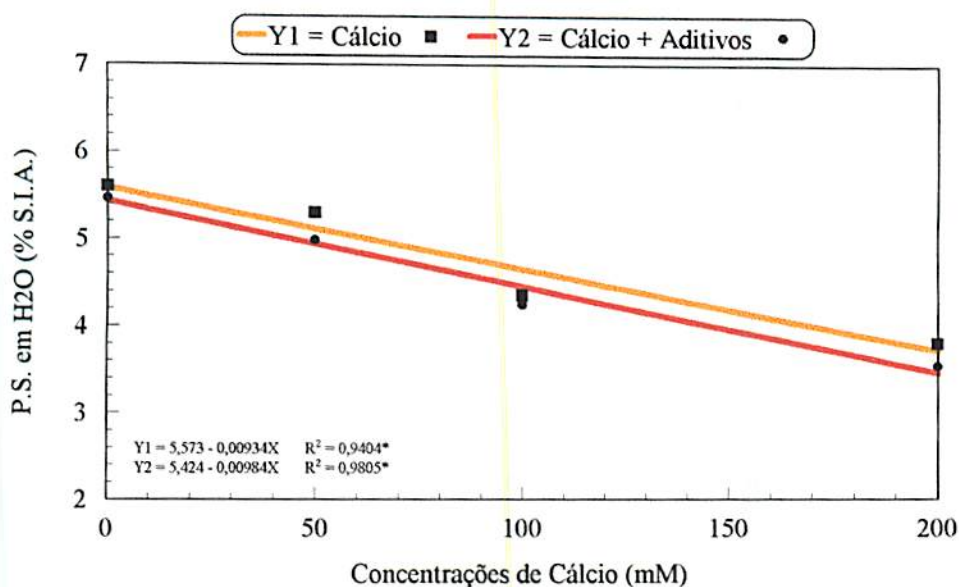


FIGURA 30 Pectinas solúveis em água e em ácido clorídrico, nos sólidos insolúveis em álcool, em acerolas submetidas à aplicação pós-colheita de diferentes concentrações de cálcio isolado ou associado a aditivos (ácido cítrico 0,5% + ácido ascórbico 0,03%).

4 Conclusões

A partir dos resultados obtidos, nas condições em que foram realizados os dois ensaios, pode-se concluir que:

1) Os frutos tratados com cálcio apresentaram teores médios de Ca total, solúvel e insolúvel superiores aos das testemunhas, acompanhando a ordem crescente das dosagens;

2) A concentração de 200 mM de Ca promoveu um incremento de 10% no conteúdo de Ca insolúvel em relação às testemunhas;

3) Ocorreu menor solubilização de pectinas a medida em que se aumentou a dose de Ca.

5 Referências Bibliográficas

ALONSO, J.; RODRÍGUEZ, T.; CANET, W. Effect of calcium pretreatments on the texture of frozen cherries. Role of pectinesterase in the changes in the pectic materials. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington, v.43, n.4, p.1011-1016, 1995.

ALVES, R.E. Acerola (*Malpighia emarginata* D.C.): fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada. Lavras: ESAL, 1993. 99p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).

ALVES, R.E.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Postharvest physiology of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruits: maturation changes, respiratory activity and refrigerated storage at ambient and modified atmospheres. *Acta Horticulturae*, Leuven, n.370, p.223-229, 1995.

ALVES, R.E.; LIMA, L.C.O.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F. Pectin content and pectolytic enzymes during acerola fruit maturation. *Proceedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture*, Curitiba, v.40, p.75-79, 1996.

ALVES, R.E.; SILVA, A.Q.; SILVA, H.; MUSSER, R.S.; MALAVOLTA, E.
Contribuição ao estudo da cultura da acerola. II - Teores de nutrientes em plantas antes da frutificação e em seus frutos por ocasião da colheita. *Agropecuária Técnica*, v.11, n.1/2, p.64-75, 1990.

AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutos*. São Paulo: Nobel, 1993. 114p.

AXELOS, M.A.V.; GARNIER, C.; RENARD, C.M.G.C.; THIBAUT, J.F.
Interactions of pectins with multivalent cations: phase diagrams and structural aspects. In: VISSER, J.; VORAGEN, A.G.J. *Pectins and pectinases*. London: Elsevier Science, 1996. p.35-45.

BISSOLI JR., W. *Qualidade de mangas (Mangifera indica L. cv. 'Tommy Atkins') sob influência da pulverização pré-colheita dos frutos com cálcio e boro*. Lavras: ESAL, 1992. 86p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

BLEINROTH, E.W.; MENEZES, J.B.; ALVES, R.E. Colheita e beneficiamento. In: GORGATTI NETTO, A.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.C. et al. *Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita*. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. p.13-21. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 21).

BLUMENKRANTZ, N.; ASBOE-HANSEN, G. New methods for quantitative determination of uronic acids. *Analytical Biochemistry*, New York, v.54, p.484-489, 1973.

CARNEIRO, C.S. *Estruturação e morfologia de cristais de gelo sob a influência de concentrações e combinações de substâncias diversas*. Lavras: UFLA, 1997. 135p. (Dissertação - Mestrado em Ciência dos Alimentos).

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

DERMATY, M.; MORVAN, C.; THELLIER, M. Calcium and the cell wall. *Plant Cell and Environment*, Oxford, v.7, n.2, p.477-489, 1984.

- FERNANDES, P.M.G.C.** Armazenamento ambiente e refrigerado de melão, híbrido Orange Flesh, submetido à aplicação pós-colheita de cloreto de cálcio. Lavras: UFLA, 1996. 68p. (Dissertação - Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- GOMES, F.P.** Curso de estatística experimental. Piracicaba: Nobel, 1987. 467p.
- HEPLER, P.K.; WAYNE, R.O.** Calcium and plant development. *Annual Review of Plant Physiology*, Palo Alto, v.36, p.397-439, 1985.
- LIMA, L.C.O.; ALVES, R.E.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M.I.F.** Cellulose and cell wall neutral sugars composition during acerola fruit maturation. *Proceedings of Interamerican Society for Tropical Horticulture*, Curitiba, v.40, p.69-74, 1996.
- MANGAS, J.J.; DAPENA, E.; RODRÍGUEZ, M.S.; MORENO, J.; GUTIÉRREZ, M.D.; BLANCO, D.** Changes in pectic fractions during ripening of cider apples. *Hortscience*, Alexandria, v.27, n.2, p.328-330, 1992
- PINTO RICARDO, C.P.** Aspectos da fisiologia do cálcio nas plantas. *Garcia de Orta - Série de Estudos Agronômicos*, Lisboa, v.10, n.1-2, p.65-76, 1983.
- POOVAIAH, B.W.** Molecular and cellular aspects of calcium action in plants. *Hortscience*, Alexandria, v.23, n.2, p.267-371, 1988.
- POOVAIAH, B.W.** Role of calcium and calmodulin in plant growth and development. *Hortscience*, Alexandria, v.20, n.3, p.347-351, 1985.
- QIU, Y.; NISHINA, M.S.; PAULL, R.E.** Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Alexandria, v.120, n.2, p.246-253, 1995.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P.** Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ-USP, 1974. 56p.
- SEYMOUR, G.B.; LASSLET, Y.; TUCKER, G.A.** Differential effects pectolytic enzymes on tomato polyuronides in vivo and in vitro. *Phytochemistry*, Oxford, v.26 n.12, p.3137-3139, 1987.

SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Differential effect of calcium and strontium on flesh firmness and properties of cell wall in apples. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.70, n.6, p.949-953, 1995a.

SIDDIQUI, S.; BANGERTH, F. Effect of pre-harvest of calcium chloride and storage temperature on the flesh firmness and cell-wall composition of apples - influence of fruit size. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.70, n.2, p.263-269, 1995b.

ANEXO

ANEXO A		Página
TABELA 1A	Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT em acerola congelada em câmara (-15°C), durante 24 horas, e armazenada em diferentes locais.....	108
TABELA 2A	Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT de acerola congelada em túnel de N ₂ (-71°C) durante 8 minutos, e armazenada em diferentes locais.....	109
TABELA 3A	Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT em acerola pré-resfriada (14°C) por 10 minutos, em túnel de N ₂ (-71°C) durante 8 minutos, e armazenada em diferentes locais.....	110
TABELA 4A	Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT em acerola pré-resfriada (14°C) por 10 minutos, congelada em câmara (-15°C), durante 24 horas, e armazenada em diferentes locais.....	111
TABELA 5A	Quadrados médios das análises de variância de vitamina C (%) em acerola submetida a diferentes condições de congelamento e armazenamento.....	112

TABELA 6A	<p>Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), relação SST/ATT, pH e açúcares solúveis totais-AST em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio.....</p>	113
TABELA 7A	<p>Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), relação SST/ATT, pH e açúcares solúveis totais-AST em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio associado a aditivos.....</p>	114
TABELA 8A	<p>Quadrados médios das análises de variância de vitamina C (%) em acerola submetida aplicação pós-colheita de cálcio isolado (1) ou associado (2) a aditivos</p>	115
TABELA 9A	<p>Quadrados médios das análises de variância de antocianinas totais (mg/100 g) em acerola submetida a aplicação de diferentes concentrações de cálcio isolado (1) ou associado (2) a aditivos.....</p>	116
TABELA 10A	<p>Quadrados médios das análises de variância de cálcio total-CT, cálcio solúvel-CS, cálcio insolúvel-CI (mg/100g) em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio.....</p>	116
TABELA 11A	<p>Quadrados médios das análises de variância de cálcio total-CT, cálcio solúvel-CS, cálcio insolúvel-CI (mg/100g) em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio associado a aditivos.....</p>	117
TABELA 12A	<p>Quadrados médios das análises de variância de pectinas solúveis em água e em ácido clorídrico (% S.I.A) em acerola submetida a aplicação de diferentes concentrações de cálcio isolado (1) ou associado (2) a aditivos.....</p>	117

TABELA 1A Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT em acerola congelada em câmara (-15°C), durante 24 horas, e armazenada em diferentes locais.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios				
		Danos	ATT	pH	SST	SST/ATT
Local (L)	2	4,0475**	0,0037 ^{ns}	0,0025**	0,9056**	0,2415 ^{ns}
Tempo (T)	(8)	0,6244**	0,0375**	0,0652**	3,1576**	0,8175**
T x L	(16)	0,3630**	0,0084 ^{ns}	0,0024**	0,3417**	0,1897 ^{ns}
T dentro de L1	(8)	1,1813**	-	0,0256**	1,4153**	-
T dentro de L2	(8)	0,1691**	-	0,0210**	1,1975**	-
T dentro de L3	(8)	0,0000 ^{ns}	-	0,0235**	1,2282**	-
Resíduo	81	0,0109	0,0065	0,0005	0,1348	0,1747
Coeficiente de Variação (%)		8,4026	7,3008	0,6385	4,7628	5,9666

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 2A Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT de acerola congelada em túnel de N₂ (-71°C) durante 8 minutos, e armazenada em diferentes locais.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios				
		Danos	ATT	pH	SST	SST/ATT
Local (L)	2	1,4286**	0,0298**	0,0077**	0,6536**	0,4552*
Tempo (T)	(8)	0,2798**	0,0083 ^{ns}	0,0703**	0,3475**	0,2606*
T x L	(16)	0,2798**	0,0105**	0,0017**	0,2265*	0,2448*
T dentro de L1	(8)	0,0000 ^{ns}	0,0119*	0,0229**	0,1915 ^{ns}	0,4835**
T dentro de L2	(8)	0,0000 ^{ns}	0,0094*	0,0203**	0,2309 ^{ns}	0,1083 ^{ns}
T dentro de L3	(8)	-	*	**	-	-
Resíduo	81	0,0019	0,0045	0,0006	0,1222	0,1226
Coeficiente de Variação (%)		3,9453	5,5242	0,7488	4,0432	4,9147

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 3A Quadros médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT em acerola pré-refrigada (14°C) por 10 minutos, em túnel de N₂ (-71°C) durante 8 minutos, e armazenada em diferentes locais.

Causa de	Graus de	Quadros Médios			
Variação	Liberdade	Danos	ATT	pH	SST
Local (L)	2	3,1572 ^{ns}	0,0066 ^{ns}	0,0066 ^{ns}	0,2234 ^{ns}
Tempo (T)	(8)	0,3440 ^{ns}	0,0205 ^{ns}	0,0752 ^{ns}	0,9203 ^{ns}
T x L	(16)	0,3440 ^{ns}	0,0066 ^{ns}	0,0033 ^{ns}	0,2479 ^{ns}
T dentro de L1	(8)	1,0319 ^{ns}	0,0115 ^{ns}	0,0305 ^{ns}	0,6119 ^{ns}
T dentro de L2	(8)	0,0000 ^{ns}	0,0102 ^{ns}	0,0265 ^{ns}	0,4344 ^{ns}
T dentro de L3	(8)	0,0000 ^{ns}	0,0120 ^{ns}	0,0248 ^{ns}	0,3699 ^{ns}
Resíduo	81	-	**	**	**
Coefficiente de		0,0042	0,0025	0,0006	0,1050
Variação (%)		5,5482	4,1102	0,7316	3,7105
					4,5761

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 4A Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), pH e relação SST/ATT em acerola pré-
 resfriada (14°C) por 10 minutos, congelada em câmara (-15°C), durante 24 horas, e armazenada em diferentes locais.

Causa de	Graus de	Quadrados Médios						
		Variação	Liberdade	Danos	ATT	pH	SST	SST/ATT
Local (L)	2	1,1865**	0,0117*	0,0033*	1,9743**	0,3243 ^{ns}		
Tempo (T)	(8)	0,2460**	0,0089*	0,0637**	0,3883**	0,4485**		
T x L	(16)	0,2460**	0,0036 ^{ns}	0,0016*	0,2958**	0,1404 ^{ns}		
T dentro de L1	(8)	0,7379**	-	0,0269**	0,4110**	-		
T dentro de L2	(8)	0,0000 ^{ns}	-	0,01968**	0,2003 ^{ns}	-		
T dentro de L3	(8)	0,0000 ^{ns}	-	0,0203**	0,3686**	-		
Resíduo	81	0,0080	0,0035	0,0008	0,1074	0,1612		
Coefficiente de		8,0915	4,8840	0,8205	3,8095	5,6498		
Variação (%)		5,5482	4,1102	0,7316	3,7105	4,5761		

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 5A Quadrados médios das análises de variância de vitamina C (%) em acerola submetida a diferentes condições de congelamento e armazenamento.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		Ensaio I	Ensaio II	Ensaio III	Ensaio IV
Local (L)	2	0,0433*	0,0207 ^{ns}	0,0241 ^{ns}	0,1016**
Tempo (T)	(4)	0,0519**	0,0518**	0,0094 ^{ns}	0,0088 ^{ns}
T x L	(8)	0,0224*	0,0240 ^{ns}	0,0599**	0,0695**
T dentro de L1	(4)	0,0363**	-	0,0083 ^{ns}	0,0578**
T dentro de L2	(4)	0,0395**	-	0,0382*	0,0727**
T dentro de L3	(4)	0,0210 ^{ns}	-	0,0826**	0,0172 ^{ns}
Resíduo	45	0,0092	0,0121	0,0145	0,0120
Coeficiente de Variação (%)		9,2279	9,7937	10,6367	9,8143

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 6A Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), relação SST/ATT, pH e açúcares solúveis totais-AST em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					
		Danos	SST	ATT	SST/ATT	pH	AST
Cálcio (CA)	3	0,66667*	0,53382 ^{ns}	0,00614 ^{ns}	0,16941 ^{ns}	0,00037 ^{ns}	0,73103*
Tempo (T)	(4)	18,94167**	1,25046**	0,03769**	0,97414**	0,25073 ^{ns}	3,56056**
T x CA	(12)	0,54167**	0,43285*	0,00933 ^{ns}	0,14331 ^{ns}	0,00234 ^{ns}	0,21140 ^{ns}
T dentro de CA1	(4)	6,83333**	1,18667**	-	-	-	-
T dentro de CA2	(4)	6,90000**	0,76600**	-	-	-	-
T dentro de CA3	(4)	4,26667**	0,45067 ^{ns}	-	-	-	-
T dentro de CA4	(4)	2,56667**	0,14567 ^{ns}	-	-	-	-
Resíduo	40	0,18333	0,19288	0,00621	0,17123	0,00170	0,24987
Coeficiente de Variação (%)		35,6812	6,0708	6,7822	6,6255	1,2399	12,4444

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 7A Quadrados médios das análises de variância para as características danos por congelamento (escala 0-4), sólidos solúveis totais-SST (°Brix), acidez total titulável-ATT (% ácido málico), relação SST/ATT, pH e açúcares solúveis totais-AST em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio associado a aditivos.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios					
		Danos	SST	ATT	SST/ATT	pH	AST
Cálcio (CA)	3	0,66667*	0,23044 ^{ns}	0,00117 ^{ns}	0,25142 ^{ns}	0,00447 ^{ns}	0,10959 ^{ns}
Tempo (T)	(4)	14,60833**	0,91442**	0,05760 ^{ns}	1,13185**	0,29000***	1,92663**
T x CA	(12)	0,31944 ^{ns}	0,40697**	0,01237 ^{ns}	0,13459 ^{ns}	0,00255 ^{ns}	0,45730**
T dentro de CA1	(4)	-	1,26233**	-	-	-	0,63546**
T dentro de CA2	(4)	-	0,24500 ^{ns}	-	-	-	0,33078*
T dentro de CA3	(4)	-	0,31900*	-	-	-	1,40018**
T dentro de CA4	(4)	-	0,30900*	-	-	-	0,93212**
Resíduo	40	0,21667	0,11267	0,00641	0,16268	0,00175	0,11030
Coeficiente de Variação (%)		53,7086	4,4537	6,7112	6,3531	1,2586	8,2758

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 8A Quadrados médios das análises de variância de vitamina C (%) em acerola submetida aplicação pós-colheita de cálcio isolado (1) ou associado (2) a aditivos.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		VC1	VC2
Cálcio (CA)	3	0,01581 ^{ns}	0,00290 ^{ns}
Tempo (T)	(4)	0,03038*	0,05305**
T x CA	(12)	0,00460 ^{ns}	0,01024**
T dentro de CA1	(4)	-	0,026977**
T dentro de CA2	(4)	-	0,004843 ^{ns}
T dentro de CA3	(4)	-	0,028077**
T dentro de CA4	(4)	-	0,023877**
Resíduo	40	0,00818	0,00329
Coeficiente de Variação (%)		11,3161	7,1511

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 9A Quadrados médios das análises de variância de antocianinas totais (mg/100 g) em acerola submetida a aplicação de diferentes concentrações de cálcio isolado (1) ou associado (2) a aditivos.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios	
		AT1	AT2
Cálcio (CA)	3	4,0625 ^{ns}	1,8863 ^{ns}
Regressão Grau 1	1	14,4263*	2,8274 ^{ns}
Regressão Grau 2	1	0,1427 ^{ns}	2,7079 ^{ns}
Regressão Grau 3	1	0,183 ^{ns}	0,1237 ^{ns}
Resíduo	8	1,7504	2,2286
Coeficiente de Variação (%)			
		9,1972	8,9274

*, e ns = F significativo ao nível de 5% e não significativo, respectivamente.

TABELA 10A Quadrados médios das análises de variância de cálcio total-CT, cálcio solúvel-CS, cálcio insolúvel-CI (mg/100g) em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		CT	CS	CI
Cálcio (CA)	3	112003,826**	15511,414**	44238,7242**
Tempo (T)	(4)	1366,2050 ^{ns}	321,2614 ^{ns}	902,35512 ^{ns}
T x CA	(12)	1705,6139 ^{ns}	407,54277**	1402,09906 ^{ns}
T dentro de CA1	(4)	-	47,2402 ^{ns}	-
T dentro de CA2	(4)	-	42,9734 ^{ns}	-
T dentro de CA3	(4)	-	622,4743**	-
T dentro de CA4	(4)	-	831,20177**	-
Resíduo	40	2062,3649	129,9985	2089,1411
Coeficiente de Variação (%)				
		18,0301	8,3050	39,8883

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 11A Quadrados médios das análises de variância de cálcio total-CT, cálcio solúvel-CS, cálcio insolúvel-CI (mg/100g) em acerola submetida a aplicação pós-colheita de cálcio associado a aditivos.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios		
		CT	CS	CI
Cálcio (CA)	3	106779,317**	18258,238**	36843,5070**
Tempo (T)	(4)	1925,2351 ^{ns}	117,5637 ^{ns}	1747,9350 ^{ns}
T x CA	(12)	1007,4107 ^{ns}	131,4200 ^{ns}	1061,7053 ^{ns}
T dentro de CA1	(4)	-	-	-
T dentro de CA2	(4)	-	-	-
T dentro de CA3	(4)	-	-	-
T dentro de CA4	(4)	-	-	-
Resíduo	40	2410,93429	152,22962	2493,22492
Coeficiente de Variação (%)				
		20,5076	9,0874	48,1704

*, ** e ns = F significativo ao nível de 5, 1% e não significativo, respectivamente.

TABELA 12A Quadrados médios das análises de variância de pectinas solúveis em água e em ácido clorídrico (% S.I.A) em acerola submetida a aplicação de diferentes concentrações de cálcio isolado (1) ou associado (2) a aditivos.

Causa de Variação	Graus de Liberdade	Quadrados Médios			
		PSA1	PSA2	PSH1	PSH2
Cálcio (CA)	3	2,0314 ^{ns}	2,1593*	19,5963*	14,974**
Regressão Grau 1	1	6,4318*	6,3517*	57,4684**	43,837**
Regressão Grau 2	1	0,1163 ^{ns}	0,0800 ^{ns}	0,8349 ^{ns}	0,0316 ^{ns}
Regressão Grau 3	1	0,2916 ^{ns}	0,0461 ^{ns}	0,4857 ^{ns}	1,0529 ^{ns}
Resíduo	8	0,8910	0,7086	3,0203	1,7387
Coeficiente de Variação (%)					
		19,85	18,46	14,12	10,79

*, e ns = F significativo ao nível de 5% e não significativo, respectivamente.