

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS FARMACÊUTICAS  
CAMPUS DE ARARAQUARA

**ESTUDO DA VIDA-DE-PRATELEIRA DO SUCO DE  
LARANJA CONCENTRADO E CONGELADO**

Mirella Teixeira Pinto

ARARAQUARA  
2006

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

# **ESTUDO DA VIDA-DE-PRATELEIRA DO SUCO DE LARANJA CONCENTRADO E CONGELADO**

**Mirella Teixeira Pinto**

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

ORIENTADORA:

Profa. Dra. MAGALI MONTEIRO DA SILVA

ARARAQUARA  
2006

# **COMISSÃO EXAMINADORA**

---

**Profª Drª Magali Monteiro da Silva  
(Orientador)**

---

**Profª Drª Hilary Castle de Menezes**

---

**Profª Drª Natália Soares Janzantti**

---

**Profª Drª Selma Bergara Almeida**

---

**Profª Drª Karina Olbrich**

**Araraquara, 2006**

**Dedico**

À minha mãe Marli e ao meu pai Geraldo

Meus exemplos de tudo nesta vida

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que possibilitaram a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Geraldo e Marli, pela presença constante, apoio, carinho, amor, dedicação. Vocês foram imprescindíveis para esta conquista.

À minha irmã Jamilla, companheira e amiga inseparável de todos os momentos, por todo apoio, amor e amizade.

À prof<sup>a</sup> Magali Monteiro da Silva, minha orientadora e mestra, pela oportunidade, orientação, estímulo e amizade.

À prof<sup>a</sup> Natália Janzantti, membro da banca examinadora, pelas suas importantes contribuições neste trabalho, pelo carinho e a amizade.

À prof<sup>a</sup> Hilary Castle de Menezes, Karina Olbrich e Selma Bergara, membros da banca examinadora, por suas oportunas sugestões.

A todos os funcionários, graduandos e pós-graduandos do Departamento de Alimentos e Nutrição que contribuíram para realização deste trabalho.

A todos os provadores, pela participação importante na avaliação sensorial do suco de laranja.

As estagiárias Carol, Anallú e Danielle pela colaboração durante esta realização deste trabalho.

Aos funcionários da biblioteca, da seção de apoio e da secretaria de pós-graduação.

À Capes e ao CNPq, pelas bolsas concedidas.

Ao meu irmão Rodrigo, pela amizade e carinho em todos os momentos.

Ao Fernando, meu namorado, pelo apoio desde que nos conhecemos.

Aos meus cunhados, Rose e César.

Aos meus amigos Giselle, Tati e Márcio que estiveram presentes oferecendo apoio e amizade, mesmo distantes fisicamente.

Aos todos meus amigos do Departamento de Alimentos e Nutrição, especialmente a Juliana Félix, Deise, Mateus, Juliana Gama, Gabriela, Dani Marques, Ana, pela amizade, ajuda e carinho durante todo o período de estudo e convivência.

# SUMÁRIO

Lista de Tabelas.....	ix
Lista de Figuras.....	x
Resumo.....	xii
Abstract.....	xiv
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. Citricultura brasileira.....	4
2.2. Tipos de sucos.....	5
2.2.1. Suco de laranja fresco.....	6
2.2.2. Suco de laranja pasteurizado (Not from Concentrated Orange Juice – NFC).....	6
2.2.3. Suco de laranja concentrado e congelado (Frozen Concentrated Orange Juice – FCOJ).....	7
2.2.4. Suco de laranja reconstituído (Reconstitued Orange Juice from Concentrated – RECON).....	8
2.3. Consumo de suco de laranja.....	8
2.4. Produção e exportação.....	9
2.5. Qualidade do suco de laranja.....	10
2.6. Vitamina C.....	15
2.6.1. Degradação da vitamina C em suco de fruta.....	17
2.6.1.1. Rotas de degradação da vitamina C.....	17
2.6.2. Fatores que contribuem para degradação da vitamina C.....	18

2.6.2.1. Processamento de suco de fruta e condições de estocagem.....	18
2.6.2.2. Embalagem, oxigênio e luz.....	22
2.6.2.3. Enzimas.....	25
2.6.2.4. Catalisadores metálicos e pH.....	26
3. Objetivos.....	27
3.1. Objetivos específicos.....	28
4. Material e Métodos.....	29
4.1. Material.....	30
4.1.1. Tratamento das amostras.....	30
4.2. Métodos.....	30
4.2.1. Avaliação sensorial do suco de laranja.....	30
4.2.2. Avaliação físico-química do suco de laranja.....	31
4.2.1.1. Determinação do teor de sólidos solúveis totais.....	34
4.2.1.2. Determinação da acidez total titulável.....	34
4.2.1.3. Determinação do <i>ratio</i> .....	34
4.2.1.4. Determinação do pH.....	34
4.2.1.5. Determinação do teor de açúcares totais e redutores.....	34
4.2.1.6. Determinação do conteúdo de ácido ascórbico.....	34
4.2.1.7. Determinação de furaldeídos totais.....	34
4.2.3. Análise estatística.....	35

5. Resultados e Discussão.....	36
5.1 Avaliação do suco de laranja fresco, do suco de laranja pasteurizado e do suco de laranja concentrado no tempo zero de estocagem.....	37
5.1.1 Avaliação sensorial.....	37
5.1.2 Avaliação físico-química.....	41
5.2 Estudo da vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado.....	44
5.2.1 Avaliação sensorial.....	44
5.2.1.1 Variação da aceitação com o tempo de estocagem.....	45
5.2.1.2 Distribuição das notas e atitude de compra atribuídas ao suco de laranja concentrado e congelado, até 205 dias de estocagem.....	48
5.2.2 Avaliação físico-química.....	57
5.2.3 Determinação de furaldeídos totais.....	64
5.2.4 Correlações entre parâmetros sensoriais e físico-químicos.....	67
6. Conclusões.....	71
7. Referências Bibliográficas.....	74



## Lista de Tabelas

Tabela 1. Perdas de vitamina C decorrentes das condições de processamento e de estocagem de suco de laranja.....	22
Tabela 2. Médias de aceitação e desvios padrão dos atributos sensoriais avaliados no suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado.....	37
Tabela 3. Médias e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos avaliados no suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado.....	42
Tabela 4. Médias de aceitação e desvios padrão atribuídos ao suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	44
Tabela 5. Médias e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos avaliados no suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	58
Tabela 6. Conteúdo de hidroximetilfurfural do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	65
Tabela 7. Correlações entre atributos sensoriais e parâmetros físico-químicos.....	68

## Lista de Figuras

Figura 1. Estrutura química da vitamina C.....	15
Figura 2. Ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de aceitação da cor, do aroma, do sabor e da impressão global do suco de laranja.....	32
Figura 3. Avaliação da cor e do aroma do suco de laranja realizada por provador.....	33
Figura 4. Avaliação do sabor do suco de laranja realizada por provador.....	33
Figura 5. Frequência das notas atribuídas pelos provadores aos atributos sensoriais cor, aroma, sabor e impressão global do suco de laranja fresco, do suco de laranja pasteurizado e do suco de laranja concentrado no tempo zero de estocagem.....	38
Figura 6. Atitude de compra dos provadores para o suco de laranja fresco, para o suco de laranja pasteurizado e para o suco de laranja concentrado (zero dia de estocagem).....	40
Figura 7. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas à cor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	46
Figura 8. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas ao aroma do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	47
Figura 9. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas ao sabor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	47
Figura 10. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas à impressão global do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	48
Figura 11. Frequência das notas atribuídas pelos provadores ao atributo cor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	49
Figura 12. Frequência das notas atribuídas pelos provadores ao atributo aroma do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	51
Figura 13. Frequência das notas atribuídas pelos provadores ao atributo sabor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	53

Figura 14. Freqüência das notas atribuídas pelos provadores ao atributo impressão global do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	54
Figura 15. Atitude de compra dos provadores para o suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.....	56
Figura 16. Curva de regressão linear obtida para o conteúdo de sólidos solúveis totais (corrigidos pela acidez) do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	59
Figura 17. Curva de regressão linear obtida para o pH do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	59
Figura 18. Curva de regressão linear obtida para o conteúdo de acidez do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	60
Figura 19. Curva de regressão linear obtida para o <i>ratio</i> do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	61
Figura 20. Curva de regressão linear obtida para o teor de açúcares totais do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	62
Figura 21. Curva de regressão linear obtida para o teor de açúcares redutores do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	63
Figura 22. Curva de decaimento obtida para o teor ácido ascórbico do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.....	64
Figura 23. Comportamento do hidroximetilfurfural no suco de laranja concentrado e congelado durante a estocagem. a) Curva de crescimento durante 440 dias de estocagem. b) Curva de regressão linear para os valores obtidos de 205 a 440 dias de estocagem.....	66

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo de vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado avaliando suas características físico-químicas e sensoriais. Foi utilizado suco de laranja fresco, pasteurizado (104°C/10s) e concentrado, da variedade Pêra, da safra/04, fornecido por indústria produtora de suco de laranja da região de Araraquara, SP. A avaliação sensorial da cor, do aroma, do sabor e da impressão global do suco de laranja fresco, do suco pasteurizado e do suco concentrado foi realizada por uma equipe de 50 provadores utilizando teste de aceitação com escala hedônica estruturada de 9 pontos. Foram também determinados o teor de sólidos solúveis totais, o pH, a acidez total, o *ratio*, o teor de açúcares totais, de açúcares redutores, de ácido ascórbico e o conteúdo de hidroximetilfurfural. As análises foram realizadas logo após o processamento dos sucos - no tempo zero de estocagem - e durante a vida-de-prateleira do suco concentrado e congelado. O suco de laranja fresco apresentou as maiores notas de aceitação seguido do suco concentrado e do suco pasteurizado. O suco pasteurizado diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) dos demais em relação a todos os atributos avaliados, embora todos os sucos tenham apresentado aceitação sensorial superior à nota de corte. A aceitação de todos os atributos variou linearmente com o tempo de estocagem. O teor de sólidos solúveis totais dos sucos variou de 10,9 a 11,0°Brix ( $p < 0,05$ ). A acidez total foi de 0,68 g ácido cítrico/100 mL para o suco de laranja fresco a 0,81 g ácido cítrico/100 mL para o suco concentrado ( $p < 0,05$ ). O *ratio* dos sucos variou entre 13,5 e 15,9 ( $p < 0,05$ ). O suco de laranja fresco apresentou pH 3,8 ( $p < 0,05$ ) e o maior teor de açúcares totais (9,0 g glicose/100 mL suco) ( $p < 0,05$ ). O suco de laranja pasteurizado apresentou o maior teor de açúcares redutores (5,4 g glicose/100 mL) ( $p < 0,05$ ). O suco de laranja fresco apresentou o teor mais elevado de ácido ascórbico ( $p < 0,05$ ), 66,7 mg/100 mL. Um decréscimo de 25,8% e de 27,4% no teor de ácido ascórbico foi observado no suco pasteurizado e no suco concentrado, respectivamente, quando comparado ao suco fresco. A avaliação sensorial realizada durante a estocagem permitiu atribuir o período entre 190 e 205 dias de vida-de-prateleira para o suco de laranja concentrado e congelado. As características físico-químicas não foram determinantes da vida útil do suco de laranja concentrado e congelado. Ao final de 440 dias de estocagem, foi observada redução de 14% no conteúdo de ácido ascórbico do suco de laranja concentrado e congelado. O teor de hidroximetilfurfural foi quantificado a partir de 205 dias de estocagem, período em que o suco de laranja concentrado e congelado deixou de ser aceito sensorialmente. Houve correlação positiva entre todos os atributos sensoriais, para  $p \leq 0,05$ , sendo que às correlações obtidas entre a cor e o aroma ( $r = 0,9661$ ), entre a cor e o sabor ( $r = 0,9411$ ) e entre o aroma e o sabor ( $r = 0,9954$ ) podem ser consideradas muito fortes. As correlações obtidas entre a impressão global e a cor ( $r = 0,7509$ ), o aroma ( $r = 0,8517$ ) e o sabor ( $r = 0,8795$ ) podem ser consideradas fortes. Entre os parâmetros físico-químicos, para  $p \leq 0,10$ , houve correlação negativa muito forte entre a acidez e o *ratio* ( $r = -0,9744$ ) e correlação positiva moderada entre a acidez e o teor de sólidos solúveis totais ( $r = 0,4896$ ). O *ratio* apresentou correlação negativa moderada com o teor de sólidos solúveis totais ( $r = -0,4839$ ). O teor de ácido ascórbico apresentou correlação positiva moderada com o teor de açúcares totais ( $r = 0,5454$ ) e com o

*ratio* ( $r=0,4414$ ). A correlação obtida entre o conteúdo de hidroximetilfurfural e o teor de ácido ascórbico ( $r=-0,8529$ ) foi negativa e forte. Entre os parâmetros físico-químicos e os atributos sensoriais, as correlações, para  $p \leq 0,10$ , foram positivas e fortes entre o teor de açúcares redutores e os atributos cor ( $r=0,7888$ ), aroma ( $r=0,7131$ ) e sabor ( $r=0,7027$ ). Correlações positivas e muito fortes foram obtidas entre o teor de ácido ascórbico e os atributos sensoriais cor ( $r=0,9856$ ), aroma ( $r=0,9603$ ) e sabor ( $r=0,9429$ ) e correlação positiva forte entre o teor de ácido ascórbico e a impressão global ( $r=0,7984$ ).

Palavras-chave: suco de laranja concentrado e congelado, características físico-químicas, vitamina C, hidroximetilfurfural, aceitação sensorial vida-de-prateleira, suco de laranja fresco, suco de laranja pasteurizado.

## ABSTRACT

The aim of this work was to study the shelf life of frozen concentrated orange juice evaluating its physicochemical and sensory characteristics. Fresh orange juice, pasteurized orange juice (104°C/10s) and frozen concentrated orange juice of the Pera variety from the 2004 harvest were supplied by an orange juice industry in the Araraquara region, SP, Brazil. The sensorial evaluation of color, aroma, flavor and overall impression of the fresh, pasteurized and concentrated orange juice was carried out using a panel of 50 members, with a 9-point structured hedonic scale. Total soluble solids, pH, total acidity, *ratio*, total sugar, reducing sugar, ascorbic acid and hydroxymethylfurfural contents were also determined. The analyses were performed immediately after the juices were processed – zero time of storage - and during the shelf life of the frozen concentrated orange juice. The fresh orange juice presented the highest acceptance scores, followed by the concentrated and the pasteurized juice. The pasteurized juice differed significantly ( $p < 0.05$ ) from the others with respect to all the attributes although all the juices showed sensorial acceptance higher than the cut off score. The acceptance of all the attributes varied linearly with storage. The total soluble solids of the juices varied from 10.9 to 11.0°Brix ( $p < 0.05$ ). Total acidity varied from 0.68 g citric acid/100 mL for the fresh orange juice to 0.81 g citric acid/100 mL for the concentrated juice ( $p < 0.05$ ). The *ratio* of the juices varied between 13.5 and 15.9 ( $p < 0.05$ ). The fresh orange juice showed pH 3.8 ( $p < 0.05$ ), the highest total sugar content (9.0 g glucose/100 mL juice) ( $p < 0.05$ ) and the highest ascorbic acid content ( $p < 0.05$ ), 66.7 mg/100 mL. The pasteurized orange juice showed the highest reducing sugar content (5.4 g glucose/100mL) ( $p < 0.05$ ). A decrease of 25.8% and of 27.4% in the ascorbic acid content was observed in the pasteurized and concentrated juices, respectively, when compared to the fresh one. According to the sensorial evaluation it was possible to attribute a period between 190 and 205 days of shelf life to the frozen concentrated orange juice. The physicochemical characteristics did not determine the useful time of the frozen concentrated orange juice. The reduction of 14% in the ascorbic acid content of the frozen concentrated orange juice was observed at the end of 440 days of storage. The hydroxymethylfurfural content was quantified from 205 days of storage, time at which the frozen concentrated orange juice stopped being acceptable. There was a positive correlations between all the sensorial attributes,  $p \leq 0.05$ . The correlation between the color and aroma ( $r = 0.9661$ ), the color and flavor ( $r = 0.9411$ ) and the aroma and flavor ( $r = 0.9954$ ) were considered very strong. The correlations between the overall impression and the color ( $r = 0.7509$ ), the aroma ( $r = 0.8517$ ) and the flavor ( $r = 0.8795$ ) were considered strong. The physicochemical parameters,  $p \leq 0.10$ , showed very strong negative correlation between the acidity and *ratio* ( $r = -0.9744$ ) and moderate positive correlation between the acidity and total soluble solids ( $r = 0.4896$ ). The *ratio* and total soluble solids showed moderate negative correlation ( $r = -0.4839$ ). There was a moderate positive correlation between the ascorbic acid and total sugar contents ( $r = 0.5454$ ) and ascorbic acid content and *ratio* ( $r = 0.4414$ ). The hydroxymethylfurfural and ascorbic acid contents showed strong negative correlation ( $r = -0.8529$ ). Physicochemical parameters and sensorial attributes,  $p \leq 0.10$ , revealed strong positive correlations between the reducing sugar content and color ( $r = 0.7888$ ),

aroma ( $r=0.7131$ ) and flavor ( $r=0.7027$ ). Very strong positive correlations were obtained between the ascorbic acid content and color ( $r=0.9856$ ), aroma ( $r=0.9603$ ) and flavor ( $r=0.9429$ ) and strong positive correlation between the ascorbic acid content and overall impression ( $r=0.7984$ ) was also obtained.

Key words: frozen concentrated orange juice, physicochemical characteristics, vitamin C, hydroxymethylfurfural, sensorial acceptance, shelf life, fresh orange juice, pasteurized orange juice.

# *1. Introdução*



## **1 – INTRODUÇÃO**

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja e de suco de laranja concentrado. O Estado de São Paulo concentra 70% da produção de laranja do país, respondendo por 98% da produção nacional de suco de laranja concentrado (ABECITRUS, 2005b). O Brasil é responsável por 80% de todo suco de laranja concentrado e congelado que circula no mundo (SECEX, 2005).

O suco de laranja é o suco mais consumido mundialmente e é considerado como um alimento saudável, sendo uma importante fonte de vitamina C na dieta alimentar. Durante a produção do suco de laranja e ao longo de sua vida-de-prateleira, podem ocorrer alterações capazes de afetar suas características sensoriais, como mudanças na cor, no aroma e no sabor, e também levar a perdas nutricionais, como a degradação da vitamina C, comprometendo sua qualidade.

A qualidade do suco de laranja pode ser influenciada por diversos fatores que incluem o tratamento térmico empregado durante o processamento e as condições de estocagem. As condições de estocagem têm sido consideradas responsáveis por perdas expressivas na qualidade do suco de laranja. O suco de laranja concentrado e congelado tem sido estocado, normalmente, por um período de até 2 anos, estando então sujeito a alterações.

O presente trabalho teve como objetivo realizar o estudo de vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado avaliando suas características físico-químicas e sensoriais.

## *2. Revisão Bibliográfica*

## 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 - Citricultura brasileira

O Brasil é o maior produtor de frutas do mundo, com uma área plantada de cerca de um milhão de hectares e produção anual acima de 19 milhões de toneladas. O país é também o maior produtor de laranja, seguido pelo Estados Unidos, que juntos, respondem por 50% da produção mundial de laranja (EMBRAPA, 2005).

Existem diversos cultivares de laranja no país. A citricultura brasileira selecionou três variedades que são as mais cultivadas no Brasil, baseada na produção de suco de laranja concentrado e congelado: Pêra (cerca de 38% do total das laranjas produzidas), Natal (25%) e Valência (17%). A variedade Hamlin, também utilizada industrialmente, aparece num patamar mais baixo, representando 6% da produção de laranja (CEPEA, 2005a).

Até o início do século XX, a citricultura brasileira não apresentava importância para a economia do país, quando então, começaram a surgir as primeiras possibilidades de exportação de frutas. O Brasil começou a ser conhecido como exportador de frutas frescas a partir de 1910 e a laranja era um dos principais produtos de exportação. Em 1940, a crise econômica gerada pela II Guerra Mundial quase destruiu a citricultura brasileira levando à redução do mercado e ao abandono dos pomares, o que favoreceu a propagação de uma doença chamada “tristeza” e reduziu o parque nacional cítrico em 80%. Em 1955, as exportações de laranja foram restabelecidas, mas apesar da recuperação da produção e exportação da laranja, os pomares brasileiros começaram a ser atacados por uma bactéria chamada *Xanthomonas citri*, o agente da doença do cancro cítrico. Uma campanha para erradicação dessa doença estimulou a preservação e conservação do setor cítrico no país. Ainda nos anos 50, foi instalada a primeira fábrica de suco de laranja concentrado e congelado no Brasil, mas somente na década de 60, com a grande geada de 1962 que destruiu a citricultura dos Estados Unidos, a indústria brasileira de suco de laranja ganha impulso, tornando-se um pólo promissor para o mercado norte-americano e o europeu. Estimulado pelo crescimento das exportações de suco de laranja concentrado e congelado, o Brasil torna-se o maior produtor mundial de

suco de laranja a partir da década de 80 (ABECITRUS, 2005a).

Hoje o Brasil é o maior parque cítrico do mundo. A maioria das indústrias de suco de laranja concentrado e congelado está localizada no Estado de São Paulo, cuja produção é voltada quase totalmente para o mercado externo, possuindo uma estrutura de produção formada por um número reduzido de empresas processadoras e um grande número de produtores de matéria-prima (NEVES et al., 2001; CEPEA, 2005a). As quatro maiores empresas do país produtoras de suco de laranja concentrado e congelado detêm cerca de 73,6% do valor das exportações do produto (CEPEA, 2005a).

A indústria de suco absorve a maior parte da produção brasileira de laranja, que é a segunda atividade agrícola em importância no Estado de São Paulo, ficando atrás, apenas, da cultura da cana-de-açúcar. A cadeia cítrica emprega mais de 500 mil pessoas, direta e indiretamente, só no Estado de São Paulo, que concentra 73% da produção de laranja do país, destinando 80% desta produção para indústria do suco (NEVES et al., 2001; EMBRAPA, 2005).

Os produtos da citricultura brasileira vão desde a fruta *in natura* e o suco de laranja concentrado e congelado até subprodutos como os óleos essenciais, o suco de polpa lavada (*pulp wash*), o d-limoneno, o licor cítrico, o farelo de polpa cítrica e as essências cítricas, entre outros (ABECITRUS, 2005a; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

## **2.2 - Tipos de sucos**

Existem diferentes tipos de suco de laranja. As primeiras etapas de processamento são semelhantes para todos os tipos de suco. As laranjas são colhidas quando estão maduras e são transportadas até a indústria. Na chegada, são recolhidas amostras para análise de alguns parâmetros de qualidade, como teor de sólidos solúveis totais, acidez e o *ratio*. As frutas são descarregadas e vão para silos de estocagem chamados *bins*, onde são agrupadas de acordo com a semelhança de suas características físico-químicas analisadas no recebimento. As frutas vão para mesas de lavagem com a finalidade de remover sujidades da casca, sendo então, selecionadas e retiradas aquelas danificadas, que são descartadas e enviadas para fábrica de ração. Após a seleção, as laranjas são

classificadas de acordo com o seu tamanho (diâmetro equatorial) que determinará o tamanho do copo do extrator.

Nos extratores *FMC Citrus Juice Extractors*, o principal extrator utilizado pela indústria brasileira, a laranja é colocada no copo inferior e o copo superior desce comprimindo a fruta. No copo inferior há um tubo coador, que abre um orifício na fruta, pelo qual o suco escoar, sem entrar em contato com a casca. A extração termina com a compressão do material retido no tubo coador. A casca é expelida e as membranas e sementes saem por um orifício central. A extração separa em uma só operação o suco, as sementes, a casca e o bagaço (CHEN et al., 1993; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

O suco extraído é enviado ao sistema de filtração, para separação da polpa. O suco filtrado apresenta teor de polpa em torno de 12% e vai para a centrifugação, de onde se obtêm suco com teor de polpa entre 1% e 6%. A partir desta etapa, pode-se ter os diferentes tipos de suco de laranja, que podem ser divididos em suco de laranja fresco, suco de laranja pasteurizado (NFC), suco de laranja concentrado e congelado (FCOJ) e suco de laranja reconstituído (RECON).

### **2.2.1 - Suco de laranja fresco**

O suco fresco (recém extraído) é obtido a partir da extração da fruta, sendo a seguir envasado em embalagens cartonadas ou plásticas. Este suco não sofre nenhum tipo de tratamento térmico e tem vida-de-prateleira muito limitada Deve ser mantido sob refrigeração, distribuído e comercializado rapidamente, tendo vida útil de cerca de 2 dias (NEVES e MARINO, 2002; TRIBESS; 2003). O suco fresco também pode ser produzido em estabelecimentos comerciais como padarias e bares, na hora do consumo, usando extratoras de pequeno porte.

Estima-se que cerca de 80% das laranjas *in natura* vendidas no mercado interno sejam transformadas em suco de laranja fresco (FUNDECITRUS, 2005).

### **2.2.2 - Suco de laranja pasteurizado (Not from Concentrated Orange Juice - NFC)**

O suco fresco é submetido à pasteurização e vendido como suco de laranja

pronto para beber. A pasteurização do suco tem como finalidade destruir microrganismos e inativar a enzima pectinesterase, tornando-o estável durante seu processamento e armazenamento. Com a inativação da pectinesterase, a pectina do suco consegue agir como emulsificante, estabilizando naturalmente a turbidez dos sucos cítricos. Este tratamento térmico pode ser realizado de duas formas: por processo conhecido como esterilização comercial realizada por *Ultra High Temperature* (UHT) ou pelo processo chamado *High Temperature Short Time* (HTST). O UHT emprega trocador de calor de placas, em que o suco é aquecido a altas temperaturas por alguns segundos (150°C/4 segundos), depois é resfriado a 20°C e envasado assepticamente em embalagens cartonadas, podendo ser distribuído e comercializado à temperatura ambiente. Na pasteurização pelo processo HTST, o suco é aquecido a 90-95°C durante 30-60 segundos, resfriado e envasado em embalagens cartonadas, garrafas de vidro ou embalagens plásticas, devendo ser mantido sob refrigeração durante a distribuição e comercialização (NEVES e MARINO, 2002; TRIBESS, 2003; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

### **2.2.3 - Suco de laranja concentrado e congelado (Frozen Concentrated Orange Juice - FCOJ)**

O suco de laranja fresco é bombeado para os tanques de alimentação dos evaporadores, onde é retirada grande parte do conteúdo de água, até que o suco atinja teor de sólidos solúveis totais de aproximadamente 65°Brix. São utilizados evaporadores de múltiplos efeitos tipo *TASTE* (*temperature accelerated short time evaporation*). Na saída do evaporador o suco concentrado passa pelo resfriador de expansão (*flash cooler*) de onde é bombeado na temperatura de 15-20°C para os tanques de mistura e homogeneização (*tank blender*). Nos tanques de mistura e homogeneização realiza-se a adição de óleo essencial e/ou essências (fases aquosa e oleosa) e/ou mistura de outros sucos. O suco de laranja concentrado, resfriado e homogeneizado tem sua temperatura reduzida a -10°C através de trocadores de calor, sendo enviado aos tanques de estocagem de grande capacidade (*tank farm*), instalados em câmaras frigoríficas a -10°C, ou para o acondicionamento. O suco de laranja concentrado e congelado pode ser acondicionado em sacos plásticos contidos em tambores metálicos de 200 litros

ou envasado assepticamente em sacos metalizados de multicamadas, com ou sem sistemas de resfriamento acoplados. O suco de laranja concentrado, congelado e embalado é colocado em embalagens de distribuição (*pallets*) e enviado para câmaras frigoríficas com temperatura entre -26°C e -20°C (CHEN et al., 1993; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

O suco concentrado e congelado pode permanecer nas câmaras frigoríficas até o transporte para o porto de embarque, de onde é enviado para os compradores e posterior processamento e comercialização do produto. O suco concentrado e congelado possui extensa vida-de-prateleira, mas pode perder atributos de qualidade durante seu processamento e estocagem (NAGY, 1980; SHAW, 1993).

#### **2.2.4 - Suco de laranja reconstituído (Reconstitued Orange Juice from Concentrate – RECON)**

O suco de laranja concentrado e congelado pode ser reconstituído, originando o RECON, que tem seu teor de sólidos solúveis totais de 65°Brix reduzido para aproximadamente 11°Brix. Esta etapa é realizada pela adição de água em processo industrial, após o qual o produto é pasteurizado, podendo ser adicionado aromas e/ou essências de laranja e/ou de frutas cítricas e açúcar. Esta pasteurização (80-95°C/15-30 s) tem a finalidade de destruir microrganismos que possam ter contaminado o suco reconstituído durante sua produção ou aqueles provenientes da matéria-prima. O suco pasteurizado é acondicionado em embalagens cartonadas ou embalagens plásticas e comercializado como suco pronto para beber (MINS et al., 2000; TRIBESS, 2003; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

### **2.3 - Consumo de suco de laranja**

Alguns tipos de suco de laranja produzidos no Brasil são voltados para o mercado externo. Cerca de 72% da produção nacional de laranja é utilizada no preparo de FCOJ, cuja produção é quase totalmente direcionada para o mercado externo (FUNDECITRUS, 2005).

Os brasileiros consomem cerca de 2 litros *per capita* de suco pronto para beber anualmente, volume considerado muito baixo se comparado ao alemão que consome cerca de 47 litros *per capita/ano* e ao americano, com um consumo de 30 litros *per capita/ano* (DATAMARK, 2005). Segundo VAL e NEVES (2005), o baixo consumo tem sido relacionado a restrições de renda e à falta de informações sobre o valor nutricional da laranja e de seu suco por parte dos consumidores. Por outro lado, VALIM et al. (2001), FRATA (2003) e FUNDECITRUS (2005) atribuíram o baixo consumo de suco pronto para beber ao hábito do brasileiro de consumir suco de laranja recém preparado, o que representa um volume de 6 a 10 litros *per capita/ano*. Este comportamento tem sido relacionado à disponibilidade da fruta o ano inteiro, ao preço e ao melhor sabor do suco recém preparado quando comparado com o suco industrializado.

Um novo e promissor mercado interno que vem crescendo nos últimos anos é o de suco de laranja pronto para beber, que é dividido em suco pasteurizado, suco fresco e suco reconstituído. O segmento de suco de laranja pronto para beber inclui desde varejistas e pequenas empresas de fundo de quintal a grandes multinacionais. O suco pasteurizado vem crescendo no mercado interno desde 1993, aumentando de pouco mais de 10 milhões de litros por ano para 160 milhões de litros no ano de 1999. Os sucos prontos para beber são os produtos que mais têm crescido no mercado brasileiro de bebidas não-alcoólicas. No ano de 2004, o segmento de sucos prontos para beber movimentou 211,4 milhões de litros, o que representou 15% a mais que no ano de 2003. Do ponto de vista dos consumidores, a rápida expansão do segmento de suco de laranja pronto para beber vem acompanhando a tendência mundial de consumo de bebidas relacionadas à saúde, conveniência, inovação e prazer (DE MARCHI, 2001; DATAMARK, 2005).

#### **2.4 - Produção e exportação**

O Brasil é o maior produtor mundial de laranjas. A laranja representa cerca de 49% de toda produção de frutas brasileiras. A citricultura representa 1,87% da pauta total de exportações brasileiras e 4,47% das exportações de produtos do agronegócio. O FCOJ é o principal produto de comercialização no mercado internacional, representando cerca de 70% do valor das exportações do



agronegócio, sendo que o Estado de São Paulo, exporta 95% de toda sua produção de suco de laranja (FUNDECITRUS, 2005).

As exportações de suco de laranja concentrado e congelado alcançaram mais de um milhão de toneladas nos últimos três anos e 426.282 toneladas nos primeiros 4 meses de 2005, com um aumento de 64,66% nas exportações do primeiro trimestre de 2005 em relação a 2004 (ABECITRUS, 2005b). Com o aumento da demanda dos Estados Unidos, as exportações brasileiras de FCOJ foram recordes no ano comercial 2004/05 (julho/junho), atingindo cerca de 1,4 milhão de toneladas. As exportações no ano comercial 2004/2005 cresceram cerca de 3,7%, em relação ao ano comercial de 2003/04, principalmente em função do aumento das vendas para os Estados Unidos, cuja citricultura enfrentou problemas em virtude de danos provocados por furacões (CEPEA, 2005b; ABECITRUS, 2005b). Apesar deste aumento, as exportações devem voltar ao patamar de 1,2 milhão de toneladas na temporada 2005/06, com recuo da ordem de 15% (ABECITRUS, 2005b).

O Brasil tem 98% da sua produção de FCOJ destinado ao mercado internacional. A Europa, principal importador, responde por 70% das exportações brasileiras (CEPEA, 2005a). Atualmente o Brasil é o maior exportador de FCOJ do mundo, o que corresponde a 80% do FCOJ que circula no comércio mundial, e juntamente com outros derivados da laranja, têm gerado cerca de 1,5 bilhão de dólares anuais em divisas para o país. No primeiro semestre de 2005, a exportação de sucos de fruta no Brasil gerou 580 milhões de dólares, sendo que o suco de laranja foi responsável por 544 milhões de dólares (SECEX, 2005).

Entre junho de 2004 e julho de 2005, as exportações do produto atingiram 1,4 milhão de toneladas, sendo 69% destinadas à União Européia, 16% ao Nafta (EUA, Canadá e México) e 10% para a Ásia (SECEX, 2005). O principal desafio para os exportadores brasileiros vem sendo a abertura de novos mercados, interno e externo, com o objetivo de incorporar uma população que não tem o hábito de consumir suco de frutas, como por exemplo, os países asiáticos (SECEX, 2005).

## **2.5 - Qualidade do suco de laranja**

O aumento do consumo de suco de fruta tem sido relacionado a um estilo

de vida saudável e ao emprego de produtos que vão além de apenas saciar à sede, atendendo a demanda por bebidas refrescantes que agreguem vantagens nutricionais. Assim, a indústria de suco tem procurado diversificar sua produção e melhorar a qualidade dos produtos para popularizar seu consumo (AMARO et al., 2002; DE MARCHI, 2003). Recomendações para uma alimentação saudável incluem o consumo de sucos de frutas que são importantes fontes de vitamina C (GARDNER, 2000).

De acordo com os Padrões de Identidade e Qualidade estabelecidos na Instrução Normativa nº01, do Ministério da Agricultura, de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000), o suco de laranja deve apresentar limite mínimo para teor de sólidos solúveis totais de 10,5°Brix (a 20°C), para *ratio* de 7,0 e para teor de ácido ascórbico de 25 mg/100 g, além de limite máximo para teor de açúcares totais de 13 g/100 g e para óleo essencial de 0,035% (v/v).

Nos Estados Unidos, os padrões para suco de laranja foram estabelecidos pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) desde 1983. O suco de laranja é classificado em três categorias como suco de muito boa qualidade (*Grade A*), suco de boa qualidade (*Grade B*) e suco abaixo do padrão (*Substandard* – qualidade que não satisfaz as exigências para o suco *Grade B*). O critério de inclusão do suco de laranja em determinada categoria é baseado na análise de parâmetros de qualidade (aparência, gelificação, cor, defeitos, sabor, reconstituição, separação e pontuação total (*total score points*), para os quais são atribuídos notas, e em parâmetros analíticos (acidez, teor de sólidos solúveis totais, *ratio* e óleo essencial de laranja). Esses padrões são específicos para suco de laranja enlatado (*canned orange juice*), suco de laranja concentrado congelado de acidez reduzida (*reduced acid frozen orange juice*), suco de laranja concentrado para manufatura (*concentrated orange juice for manufacturing*), suco de laranja concentrado enlatado (*canned concentrated orange juice*), suco de laranja desidratado (*dehydrated orange juice*), suco de laranja originado do concentrado (*orange juice from concentrate*), suco de laranja pasteurizado (*pasteurized orange juice*) e para o suco de laranja concentrado e congelado (*frozen concentrated orange juice*), alguns dos quais não são comercialmente disponíveis no mercado brasileiro.

O suco de laranja concentrado e congelado da categoria muito boa qualidade (*Grade A*) deve ter aparência de suco fresco, ser corretamente

reconstituído<sup>1</sup>, apresentar cor e sabor muito bons (*score* 36-40), ser praticamente livre de defeitos, ter teor de sólidos solúveis totais mínimo de 41,8°Brix para suco não adoçado e mínimo de 42,0°Brix para suco adoçado, *ratio* entre 11,5 e 19,5 e no máximo 0,035% (v/v) de óleo essencial de laranja. Já a categoria *Grade B* para este suco apresenta as mesmas características daquelas do suco *Grade A* em relação à aparência, à reconstituição e ao teor de sólidos solúveis totais. O *score* para cor e sabor deve estar entre 32-35 e o suco deve ser razoavelmente livre de defeitos<sup>2</sup>, com teor de sólidos solúveis totais mínimo de 41,8°Brix para suco não adoçado e mínimo de 42,0°Brix para suco adoçado, além de *ratio* mínimo de 10,0 e teor de óleo essencial de laranja máximo de 0,040%(v/v) (USDA, 1983).

O suco de laranja pasteurizado de *Grade A* deve apresentar aparência de suco fresco, não ter separação de fase, apresentar cor e *sabor* muito bons (*score* 36-40), ser praticamente livre de defeitos e apresentar teor de sólidos solúveis totais mínimo de 11°Brix para o suco adoçado ou não, com *ratio* que pode variar de 11,5 a 20,5 dependendo do local de origem da laranja usada para o suco, além de no máximo 0,035%(v/v) de óleo essencial de laranja. O suco de laranja pasteurizado de *Grade B* deve ter aparência de suco de laranja fresco, pode ter alguma separação de fase, deve apresentar cor e sabor bons (*score* 32-35), ser razoavelmente livre de defeitos<sup>2</sup>, ter teor de sólidos solúveis totais mínimo de 10,5°Brix para suco adoçado ou não, *ratio* entre 10,5 e 23,0 e no máximo 0,040% (v/v) de óleo essencial de laranja (USDA, 1983).

O suco chamado de *concentrated orange juice for manufacturing* da categoria muito boa qualidade (*Grade A*) deve ser corretamente reconstituído<sup>1</sup>, apresentar *score* para cor e sabor entre 36-40, ser praticamente livre de defeitos, ter teor de sólidos solúveis totais mínimo de 11,8°Brix quando reconstituído e apresentar *ratio* entre 8,0 e 24,0. Já a categoria *Grade B* para este suco apresenta as mesmas características daquelas do suco *Grade A* em relação à reconstituição, ao teor de sólidos solúveis totais mínimo quando reconstituído, e ao *ratio*. O *score* para cor e sabor deve estar entre 32-35 e o suco deve ser razoavelmente livre de defeitos<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Corretamente reconstituído - significa que, ao ser reconstituído com água, o suco concentrado é dissolvido prontamente e não apresenta nenhuma gelificação ou separação de material.

<sup>2</sup> Razoavelmente livre de defeitos - significa a presença de defeitos que não afeta seriamente a aparência ou a qualidade do suco de laranja.

Existem muitas dificuldades para os países em desenvolvimento em exportar frutas e sucos de frutas devido à aplicação de medidas sanitárias e medidas de proteção ao consumidor, que na realidade são barreiras não-tarifárias, impostas pelos países importadores. Visando favorecer o comércio internacional, o *Codex Alimentarium*, organismo multilateral encarregado de elaborar normas internacionais sobre segurança de alimentos, aprovou em julho de 2005 uma norma que estabelece um padrão global para diferentes sucos de frutas. Esta norma abrange 85 tipos de sucos e néctares de fruta. Aparentemente, ainda não é um mecanismo usual para o comércio internacional, mas constitui-se em uma ferramenta promissora. Em relação ao suco de laranja pronto para beber, a norma estabelecida adotou teor de sólidos solúveis totais entre 11,2°Brix e 11,8°Brix (ABECITRUS, 2005b; INMETRO, 2005). A implementação desta norma permitirá ao Brasil ampliar sua participação no comércio internacional de sucos e néctares de fruta (AGRICULTURA, 2005).

A qualidade do suco de laranja é influenciada por fatores microbiológicos, enzimáticos e físico-químicos, que vão ter papel determinante na vida-de-prateleira do suco.

Os fatores microbiológicos podem provocar alterações químicas capazes de promover mudanças de cor, odor, sabor e textura do alimento (SILVA, 2000). Existem diversos microrganismos isolados em sucos de fruta, mas devido aos baixos valores de pH do suco de laranja, a microflora é limitada às bactérias ácido-tolerantes e aos fungos. As bactérias mais comumente encontradas em suco de laranja fresco são do gênero *Lactobacillus* e *Leuconostoc*. Essas bactérias deterioram os sucos, produzindo diacetil, que têm odor e sabor desagradável, dióxido de carbono e ácido lático, mas são facilmente destruídas pelo tratamento térmico (SHAW et al., 1993; QUEIROZ e MENEZES, 2005). A maioria dos fungos presentes no suco de laranja tem baixa resistência térmica, porém em sucos pasteurizados, têm-se encontrado fungos termorresistentes do gênero *Byssochlamys* (LEITÃO, 1991; QUEIROZ e MENEZES, 2005). As leveduras resistem a pH ácidos e apresentam maior resistência térmica que as bactérias lácticas, sendo a causa mais comum de deterioração dos sucos de fruta. Durante a deterioração são produzidos dióxido de carbono e álcoois, podendo também haver formação de películas e ocorrer floculação (SHAW et al., 1993; QUEIROZ e MENEZES, 2005). A levedura comumente associada com

deterioração de sucos pasteurizados é *Saccharomyces cerevisiae*, que produz fermentação alcoólica resultando em sabor estranho de fermento (SHAW et al., 1993).

Os fatores enzimáticos podem causar alterações na cor, degradar vitaminas e atuar sobre substâncias pécticas do suco (SOLER, 1991). O suco de laranja possui enzimas em sua composição, com destaque para a pectinesterase, a principal enzima que prejudica a qualidade do suco, causando perda de turbidez. Com a inativação da pectinesterase (em temperaturas de pasteurização), a pectina do suco consegue agir como emulsificante, estabilizando naturalmente a turbidez do suco de laranja e impedindo a gelificação do suco concentrado durante o armazenamento. Como esta enzima é mais termorresistente que os microrganismos presentes no suco de laranja, um tratamento térmico mais intenso é necessário para sua inativação do que para destruir os microrganismos (QUEIROZ e MENEZES, 2005). A peroxidase e a polifenoloxidase podem causar mudança de cor, sabor e/ou aroma dos sucos. Apesar dessas enzimas também serem inativadas pelo tratamento térmico, a peroxidase pode ter sua atividade restituída parcialmente ou totalmente durante estocagem do suco. As enzimas também podem causar a degradação de vitaminas. A lipoxidase pode levar à oxidação da vitamina A e de carotenóides dos sucos (SOLER, 1991). Em sucos não tratados termicamente, pode ocorrer degradação do ácido ascórbico por ação de enzimas (LEE e COATES, 1999). As enzimas ácido ascórbico oxidase, citocromo oxidase, peroxidase e fenolase podem causar a oxidação do ácido ascórbico, durante o descascamento, ou quando as frutas são cortadas e misturadas na homogeneização (NAGY, 1980; MAPSON, 1970, citado por, JAWAHEER et al., 2003).

Os fatores físico-químicos influem na qualidade do suco de laranja e têm sido associados ao tipo de tratamento térmico utilizado, às condições de estocagem (tempo e temperatura de estocagem), ao tipo de embalagem, à presença de oxigênio e luz, entre outros. O suco de laranja que não sofre tratamento térmico tem vida-de-prateleira muito curta. Para evitar o desenvolvimento de microrganismos e a ação de enzimas são empregados processos de conservação que podem levar a reações químicas que alteram a qualidade do suco (SHAW et al., 1993; BELITZ e GROSCH, 1997; CAMPOS et al., 2003). Tais processos de conservação usam tratamentos térmicos,

principalmente a pasteurização e a concentração, além do uso de conservadores químicos. A temperatura de estocagem tem sido considerada como o fator mais importante de estabilidade e qualidade do suco de laranja (CORRÊA NETO e FARIA, 1999; QUEIROZ e MENEZES, 2005). A embalagem para suco de laranja deve atender à legislação vigente, deve ser livre de microrganismos, não permitir migração de substâncias da embalagem e de odores estranhos para o produto, deve manter o suco protegido do oxigênio, da luz e da umidade, mantendo um ambiente adequado ao armazenamento e manuseio do suco (SHAW et al., 1933; ROMANO et al., 1998; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

Todos esses fatores podem promover reações capazes de alterar as características sensoriais do suco e levar à perda de vitaminas, como a degradação da vitamina C, comprometendo a qualidade do suco de laranja (TANNEBAUM et al., 1985; KENNEDY et al., 1992; SHAW et al., 1993; LEE e CHEN, 1998; LEE e COATES, 1999; KABASAKALIS et al., 2000; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

## 2.6 - Vitamina C

A vitamina C na forma reduzida é conhecida como ácido ascórbico ou ácido L-ascórbico e na forma oxidada como ácido L-dehidroascórbico. O ácido L-ascórbico é um composto biologicamente ativo, instável, facilmente e reversivelmente oxidado a ácido L-dehidroascórbico, também biologicamente ativo (Figura 1) (COOKE e MOXON, 1981; GREGORY, 1996; ROJAS e GERSCHERSON, 1997).

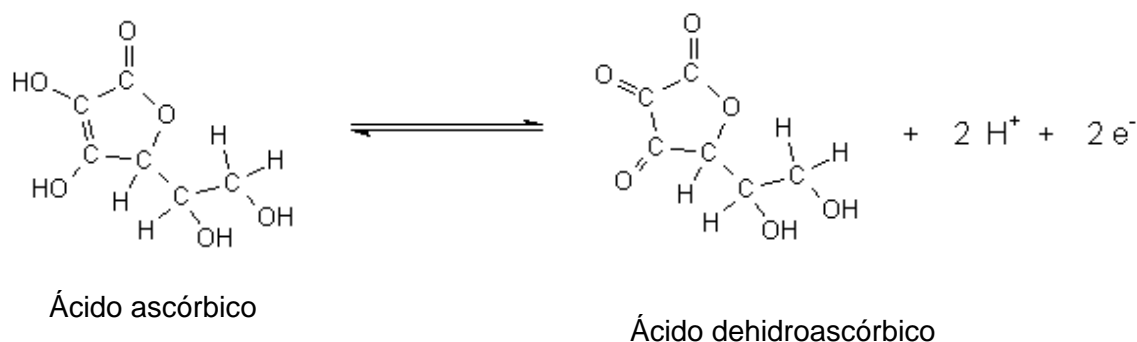


Figura 1. Estrutura química da vitamina C.

A vitamina C é um derivado de hexose, sintetizado por vegetais e pela maioria dos animais, a partir da glicose e da galactose. O homem, outros primatas, alguns morcegos e algumas espécies de aves, entretanto, não possuem a enzima L-gulonolactona oxidase que participa da biossíntese da vitamina C ou do ascorbato, sendo necessária a ingestão desta vitamina pela dieta alimentar (COOKE e MOXON, 1981; GREGORY, 1996; ROJAS e GERSCHERSON, 1997; MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2002). Segundo o RDA (Recommended Dietary Allowances), a cota dietética recomendada de vitamina C para homens adultos é 90 mg/dia e para mulheres adultas é de 75 mg/dia (DRI, 2000).

A vitamina C está envolvida na síntese e manutenção do colágeno e na síntese de importantes neurotransmissores, como a norepinefrina obtida a partir da dopamina e a serotonina, obtida pela conversão de triptofano em 5-hidroxitriptofano. A vitamina C é essencial para a oxidação da fenilalanina e tirosina e para a conversão de folacina em ácido tetrahidrofólico. Esta vitamina também facilita a absorção de minerais como ferro e zinco e auxilia a eliminação de metais como chumbo e níquel, além de promover resistência a infecções e ajudar em processos de cicatrização. Entre suas múltiplas funções, o ácido ascórbico tem a capacidade de ceder e receber elétrons, o que lhe confere um papel essencial como antioxidante (Figura 1). Nesse sentido, a vitamina C participa do sistema de proteção antioxidante, como por exemplo, regenerando a forma ativa da vitamina E (COOKE e MOXON, 1981; MOSER e BENDICH, 1991; MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2002).

A vitamina C também pode atuar na prevenção do câncer, pela inibição da formação de nitrosaminas cancerígenas e também pode atuar na diminuição do risco de doenças cardiovasculares; como auxiliar no tratamento da hipertensão e na redução da incidência de cataratas. Porém, muitas dessas funções estão baseadas em estudos epidemiológicos, não sendo totalmente confirmadas, ainda, em estudos experimentais (DUTRA DE OLIVEIRA e MARCHINI, 1998). A associação encontrada entre vitamina C e câncer nos estudos epidemiológicos baseia-se na existência de uma relação inversa entre frequência de tumores e consumo de alimentos ricos nesta vitamina (GIULLANDD e LEQUEU, 1995).

Devido à grande disponibilidade, as frutas são fontes muito importantes de vitamina C na dieta alimentar. Entretanto, a sazonalidade da produção, a perecibilidade e as perdas ocasionadas pelas condições climáticas, pela colheita

e pelas condições de estocagem pós-colheita das frutas, têm estimulado a produção de polpas e sucos (MOSEER e BENDICH, 1991; VIERA et al., 2000; MAHAN e ESCOTT-STUMP, 2002, AMARO, 2002; SANTOS, 2004).

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

### **2.6.1 - Degradação da vitamina C em suco de fruta**

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

#### **2.6.1.1 - Rotas da degradação da vitamina C**

As reações de degradação da vitamina C em sucos de fruta são predominantemente de natureza não-enzimática, e podem seguir dois caminhos consecutivos e/ou paralelos: aeróbico e anaeróbico (LEE e COATES, 1999; KENNEDY et al., 1992, KENAWI et al., 1994, GREGORY, 1996, SADLER et al., 1997, TAWFIK e HUYGHEBAERT, 1998, citados por, POLYDERA et al., 2005), embora alguns autores relatem que os mecanismos envolvidos na degradação desta vitamina ainda não estejam totalmente esclarecidos (TANNENBAUM et al., 1985; MANSO et al., 2001). Em sucos não processados, também pode ocorrer degradação do ácido ascórbico pela oxidação enzimática (LEE e COATES, 1999; KENNEDY et al., 1992, KENAWI et al., 1994, GREGORY, 1996, SADLER et al., 1997, TAWFIK e HUYGHEBAERT, 1998, citados por, POLYDERA et al., 2005).

Em condições aeróbicas, o ácido ascórbico é transformado em ácido dehidroascórbico que passa a ácido 2,3-dicetogulônico produzindo, finalmente, hidroxifurfural (NAGY, 1980; KENNEDY et al., 1992; SHAW et al., 1993; SADLER et al., 1997, citados por, POLYDERA et al., 2005). O hidroximetilfurfural (HMF)



também é produzido, e pode ser originado da reação da degradação do ácido ascórbico e/ou de açúcares com aminoácidos, levando à formação de compostos escuros que são responsáveis pelo escurecimento do suco (*browning*) (SHAW et al., 1993; SOLOMON et al., 1995; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

Em condições anaeróbicas, o ácido ascórbico decompõe-se em ácido 2,5-dihidro-2-furanóico que passa a dióxido de carbono e furfural. O furfural sofre polimerização como um aldeído ativo e pode se combinar com aminoácidos contribuindo, também, para o escurecimento do suco (SHAW, 1993; SOLOMON et al., 1995). Em sucos estocados em embalagem hermeticamente fechada, a perda de vitamina C ao longo da vida-de-prateleira ocorre principalmente por via anaeróbica (SHAW et al., 1993).

A decomposição do ácido ascórbico tem sido relatada como a reação mais deteriorativa que ocorre durante estocagem de suco de laranja (SOLOMON et al., 1995). Compostos indesejáveis da degradação do ácido ascórbico como furfural e HMF têm sido altamente correlacionados com o escurecimento de sucos de fruta levando, ainda, à deterioração do sabor e da qualidade, aliada à redução da vida-de-prateleira e à perda do valor nutricional (ROBERTSON e SAMANIEGO, 1986; KENNEDY et al., 1992; SOLOMON et al., 1995; BUEDO et al., 1991, citados por, KOCA et al., 2003).

## **2.6.2- Fatores que contribuem para degradação de vitamina C**

Os principais fatores que podem afetar a degradação da vitamina C em sucos de fruta incluem o tipo de processamento, condições de estocagem, tipo de embalagem, oxigênio, luz, catalisadores metálicos, enzimas, pH. Alguns autores também relatam a influência da concentração de sais e de açúcar, concentração inicial de ácido ascórbico e carga microbiana (TANNEBAUM et al., 1985; LEE e CHEN, 1998; LEE e COATES, 1999).

### **2.6.2.1 - Processamento de suco de fruta e condições de estocagem**

O processo de conservação dos sucos e suas condições de estocagem têm grande influência na perda da vitamina C, e portanto, estão associados com a qualidade do suco (NAGY, 1980; ROJAS e GERSCHERSON, 1997; MANSO et

al., 2001; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

Os processos usados na conservação dos sucos podem iniciar reações químicas capazes de degradar a vitamina C e o sabor e levar à formação de sabor estranho ao longo da estocagem, que virão a comprometer a qualidade sensorial e nutricional do alimento (SHAW et al., 1993; BELITZ e GROSCH, 1997; KABASAKALIS et al., 2000; CAMPOS et al., 2003).

O conteúdo de ácido ascórbico no suco de laranja antes e após a pasteurização foi investigado por LO SCALZO et al. (2004). O teor de ácido ascórbico no suco de laranja fresco foi de 44,27mg/100mL e após a pasteurização, de 42,69mg/100mL, tendo sido retido 96% do conteúdo inicial.

TEIXEIRA e MONTEIRO (2004) compararam o teor de ácido ascórbico de suco de laranja recém extraído (fresco) e de sucos recém processados (pasteurizado; concentrado e congelado). O suco fresco apresentou o maior conteúdo de ácido ascórbico (81,4 mg/100 mL suco). As perdas de ácido ascórbico decorrentes do tratamento térmico foram de 6,7% para o suco pasteurizado e de 8,8% para o suco concentrado e congelado.

Processos alternativos que não envolvem tratamento térmico, como a irradiação, pulso elétrico, microondas e alta pressão, têm sido estudados visando minimizar os efeitos negativos dos processos de conservação convencionais. O processamento à alta pressão consiste em submeter o produto a pressões de 100 MPa a 1000 MPa com o objetivo de destruir microrganismos e inativar a ação de enzimas. O tratamento à alta pressão vem sendo empregado para aumentar a vida-de-prateleira dos alimentos, para minimizar a perda de nutrientes e a degradação da qualidade sensorial (CAMPOS et al., 2003).

POLYDERA et al. (2005) investigaram o aumento da vida-de-prateleira de suco de laranja Navel baseados na degradação do ácido ascórbico durante a estocagem. A vida-de-prateleira destes sucos foi estimada como o período no qual o suco preservava 50% do conteúdo inicial de ácido ascórbico (meia-vida). O suco fresco sofreu tratamento à alta pressão (600 MPa/40°C/4 min) e pasteurização (80°C/60 s), sendo ambos estocados a 0, 5, 10, 15 e 30°C e acondicionados em garrafas de polipropileno (PP). O suco que sofreu tratamento à alta pressão teve menor degradação do ácido ascórbico em todas temperaturas de estocagem, com conseqüente aumento da vida-de-prateleira, quando

comparado ao suco pasteurizado. O suco estocado a 15°C teve a vida-de-prateleira estendida em 13 dias, enquanto o suco estocado a 0°C, em 99 dias.

A degradação da vitamina C causada pelo processamento térmico foi observada por KABASAKALIS et al. (2000) em suco de laranja pasteurizado e fresco. Os sucos foram acondicionados em embalagem longa vida e mantidos sob refrigeração, em recipientes abertos e fechados, durante 31 dias. No suco de laranja pasteurizado mantido em embalagem aberta, a perda de ácido ascórbico ao final de 31 dias foi de 67,39% e naquele com embalagem fechada foi de 60,41%. No suco fresco mantido em embalagem aberta a perda de ácido ascórbico foi 13,27% e naquele em embalagem fechada foi de 7,03%. O estudo demonstrou, que a presença de oxigênio causou pequenas perdas da vitamina, mas associado com o tratamento térmico, levou a perdas de aproximadamente 50% do ácido ascórbico inicialmente presente no suco pasteurizado (KABASAKALIS et al., 2000).

TOCCHINI (1985) realizou estudos usando suco de laranja reconstituído e pasteurizado (85°C/12 s), acondicionado assepticamente em embalagem Tetra Brik® estocado a -20, 8, 23 e 30°C, por 90 dias. Ao final do estudo foi verificado que as maiores perdas de vitamina C (25%) ocorreram no suco estocado a 30°C, e as menores perdas (7%) no suco estocado a -20°C, sendo que o suco estocado a 8°C, apresentou praticamente o mesmo nível de perda de ácido ascórbico que o suco estocado a -20°C. Os resultados indicaram que a estocagem em temperatura de refrigeração até 8°C, foi suficiente para reter cerca de 90% do ácido ascórbico, não sendo necessário o uso de temperaturas baixas como -20°C. Já a estocagem em temperaturas mais elevadas, 23 e 30°C, promoveu redução de 15% e de 25% de ácido ascórbico, respectivamente.

NISIDA (2000) estudou a perda de ácido ascórbico em função da temperatura de estocagem. Suco de laranja pasteurizado (98°C/13 s) e acondicionado assepticamente em embalagem Tetra Brik® foi estocado a 2, 12 e 35°C por 60 dias. Os sucos estocados a 2 e 12°C apresentaram perdas de ácido ascórbico semelhantes, com retenção de 85% do ácido ascórbico inicial, enquanto o suco armazenado a 35°C apresentou retenção de 70% ao final do período de armazenamento.

A estabilidade do ácido ascórbico em função da temperatura e do tempo de estocagem foi estudada por KENNEDY et al. (1992) usando suco de laranja

reconstituído acondicionado em embalagem Tetra Brik<sup>®</sup> e estocado a 4, 20 e 37°C durante 64 dias. Após estocagem de 64 dias, a retenção de vitamina C foi de 48,6% e 11,9% para os sucos estocados a 20 e 37°C, respectivamente, enquanto o suco mantido sob refrigeração (4°C) reteve 60,4% do teor de vitamina C.

Suco de laranja integral estocado em embalagem longa vida por 10 dias foi avaliado quanto às perdas de ácido ascórbico sob a influência da temperatura de estocagem. No suco estocado sob refrigeração, houve perda de 8,8% de ácido ascórbico, e o suco estocado à temperatura ambiente apresentou perda de 12,5% (KABASAKALIS et al., 2000).

A influência da temperatura de estocagem sobre a vitamina C foi também investigada em 2 lotes (A e B) de suco de lima (*Citrus latifolia* Tan). Após a pasteurização (91°C/15 s), os sucos foram acondicionados em embalagem de vidro e estocados sob refrigeração (5±1°C) e sob congelamento (-20°C ±1°C) por 30 semanas. Nos sucos estocados sob refrigeração, ocorreram perdas de ácido ascórbico de 13,9% e 13,6% para o suco do lote A e B, respectivamente. Nos sucos congelados, a perda de ácido ascórbico durante toda a estocagem não foi significativa ( $p>0,05$ ) ficando entre 1,4% e 3,0% para os sucos do lote A e B, respectivamente (ZIENA, 2000).

Apenas alguns autores relatam a degradação da vitamina C de sucos de fruta em função das condições de processamento (tempo x temperatura) (JAWAHEER et al., 2003; LO SCALZO et al., 2004; TEIXEIRA e MONTEIRO, 2004). Pôde-se observar que, de maneira geral, as condições de processamento não são responsáveis por perdas drásticas de vitamina C, que variam entre 4% e 20%. A maior parte dos autores relata o conteúdo de vitamina C no suco após o tratamento térmico e ao longo de sua vida-de-prateleira (Tabela 1) (TOCCHINI, 1985; KENNEDY et al., 1992; KABASAKALIS et al., 2000; NISIDA, 2000; ZIENA, 2000). Seria interessante que a dosagem de vitamina C também fosse realizada antes do processamento.

Ao comparar relatos de diferentes autores (Tabela 1), foi possível observar que diferentes condições de processamento e diferentes condições de estocagem dos sucos resultam em níveis diferentes de perda de vitamina C, o que dificulta a análise comparativa. Verificou-se ao longo deste trabalho, especialmente durante a elaboração da revisão bibliográfica, que as perdas decorrentes do processamento adquirem maior importância quando associadas às condições de

estocagem, o que sugere a necessidade de adotar um procedimento sistemático nos estudos referentes à influência das condições de processamento e de estocagem de suco de laranja.

Tabela 1. Perdas de vitamina C decorrentes das condições de processamento e de estocagem de suco de laranja.

Suco	Tratamento térmico (temperatura X tempo)	Tempo estocagem (dias)	Temperatura estocagem (°C)	Perda de AA* (%)	Referência
Laranja reconstituído pasteurizado	85°C/12s	90	-20 8 23 30	7 8 15 25	Tocchini, 1985
Laranja pasteurizado comercial	-	60	4 20 37	40 50 88	Kennedy et al., 1992
Laranja integral comercial	-	10	Refrigeração Ambiente	9 12	Kabasakalis et al., 2000
Laranja pasteurizado	98°C/13s	60	2 12 35	15 18 30	Nisida, 2000
Lima pasteurizado	91°C/15s	210	-20 5	2 14	Ziena, 2000

\*AA = ácido ascórbico

- = não consta

### 2.6.2.2 - Embalagem, oxigênio e luz

A embalagem influi na qualidade dos sucos de fruta, devendo manter o produto protegido do oxigênio, da luz e da umidade, que podem levar a mudanças sensoriais e à perda de vitaminas. A embalagem deve promover ambiente adequado ao armazenamento do suco e manuseio, podendo estender sua vida-de-prateleira (SHAW et al., 1993; ROMANO et al., 1998; QUEIROZ e MENEZES, 2005).

A presença de oxigênio é um importante fator que pode influenciar a qualidade e estabilidade dos sucos de fruta. O oxigênio pode estar presente dissolvido no produto, no espaço livre da embalagem ou pode permear através do material da embalagem. Os efeitos adversos do oxigênio em sucos de fruta têm sido relatados por muitos autores e relacionados à degradação do ácido ascórbico e ao escurecimento não-enzimático, que podem levar à redução da estabilidade desse produto (KENNEDY et al., 1992; SOLOMON et al., 1995; MEYDAV et al.,

1999, citados por, ZERDIN et al., 2003; QUEIROZ e MENEZES, 2005). Alguns autores afirmam que a presença do oxigênio dentro da embalagem de sucos de fruta é responsável pela rápida degradação inicial da vitamina C (SHAW et al., 1991). SIZER et al. (1988) relataram que o oxigênio exerce importante papel nas reações de oxidação de componentes dos sucos de fruta.

BISSET e BERRY (1975) estudaram a influência da permeabilidade da embalagem ao oxigênio e da temperatura de estocagem na retenção de ácido ascórbico em suco de laranja integral. Os sucos foram acondicionados em frascos de vidro e estocados a 4,4, 10,0, 15,6 e 26,7°C, e em embalagens de polietileno rígido (PE), de poliestireno de alto impacto (PSAI) e embalagens cartonadas, todas estocadas a -6,7, 1,1 e 10°C. Os autores concluíram que no suco acondicionado em embalagens de vidro a retenção do ácido ascórbico foi muito superior aos demais, independentemente das temperaturas de estocagem, vindo, a seguir, o suco acondicionado em embalagem de PE e por último o suco acondicionado em embalagens cartonadas e em embalagens de PSAI. Assim, por exemplo, para o suco acondicionado em vidro e estocado a 10°C, após 100 dias, foi encontrado 88% do conteúdo inicial de ácido ascórbico, enquanto que para o suco acondicionado em embalagem de PE havia aproximadamente 30% e para as demais embalagens, o conteúdo de ácido ascórbico encontrado foi de apenas 20%.

A degradação de ácido ascórbico devido à presença de oxigênio em função do tempo e temperatura de estocagem foi também estudada por ZERDIN et al. (2003) usando suco de laranja. O suco foi acondicionado em embalagem tipo bolsa (*pouch*) (copolímero de etileno e álcool vinílico/PP) com absorvedor de oxigênio e sem absorvedor (embalagem de referência). O conteúdo inicial de ácido ascórbico no suco de ambas embalagens foi de 374mg/L. O conteúdo inicial de oxigênio dissolvido no suco de ambas embalagens, foi de 2,7 ppm, e após um ano de estocagem a 25°C, foi de 0,06 e 0,2 ppm, e de 0,1 e 0,2 ppm de oxigênio dissolvido no suco a 4°C, para embalagens contendo absorvedor de oxigênio e de referência, respectivamente. A retenção de ácido ascórbico no suco estocado a 4°C, após um ano, foi de 73,2% e de 51,3% para embalagens com absorvedor de oxigênio e de referência, respectivamente, e quando o suco foi estocado a 25°C, a retenção de ácido ascórbico foi de 30% no suco acondicionado em embalagem tipo bolsa (*pouch*) com absorvedor de oxigênio e retenção de 7,29% de ácido

ascórbico no suco acondicionado na embalagem de referência. A presença de oxigênio causou perdas de 20% a mais de ácido ascórbico no suco estocado na embalagem de referência do que naquele estocado em embalagem contendo absorvedor de oxigênio. Contudo, a temperatura de estocagem levou a perdas de 40% de ácido ascórbico a mais no suco estocado a 25°C, quando comparado ao suco estocado a 4°C, em ambos tipos de embalagens.

A importância da desaeração parece ser um fator questionável, segundo GRAUMLICH et al. (1986), e parece ter menor importância para os sucos concentrados. Para estes sucos, os benefícios da desaeração seriam conseguidos na retenção do ácido ascórbico, do aroma e do sabor durante o processamento, mas teriam pouco efeito na retenção desses fatores durante a estocagem prolongada, de 1 ano, por exemplo, quando ocorrem principalmente reações anaeróbicas.

O efeito da luz sobre a retenção de ácido ascórbico tem sido pouco investigado e os resultados encontrados têm sido contraditórios. AHMED et al. (1976) atribuíram mudanças de sabor e perda de ácido ascórbico em suco de laranja não pasteurizado e refrigerado à exposição à luz e em combinação com crescimento microbiano e presença de oxigênio no suco.

SOLOMON et al. (1995) estudaram o efeito do oxigênio e da luz fluorescente (2000 lux) sobre a degradação de ácido ascórbico em suco de laranja reconstituído (11,8°Brix). O suco foi pasteurizado (95°C/15 s) e envasado assepticamente em embalagens Tetra Brik® (1000 mL) e então, transferido para garrafas de vidro (300 mL), envoltas em papel alumínio e seladas com tampas de papel cartão, de PE de baixa transparência, de PE de alta transparência e de vidro (hermeticamente fechado), sendo estocados a 8°C por 52 dias. As embalagens com tampas de vidro foram totalmente enchidas, sem deixar espaço livre e as embalagens com os outros tipos de tampas foram enchidas parcialmente, de forma a deixar 70 mL de espaço livre. Na primeira semana de estocagem, o conteúdo de ácido ascórbico decresceu 20% em todas as amostras, o que foi explicado pela taxa inicial de oxigênio (1,0 mg/mL) dissolvido no suco, no espaço livre, e àquele incorporado ao produto durante a transferência para as embalagens de vidro. No suco acondicionado em embalagens com tampas de vidro houve retenção de 61% do teor de ácido ascórbico. O conteúdo de ácido ascórbico chegou a zero no 52° dia e no 30° dia nos sucos acondicionados em

embalagens com tampas de PE e de papel cartão, respectivamente. No suco acondicionado em embalagens com tampas de vidro e também naquele em embalagens com tampas de papel cartão não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) em relação à influência da exposição à luz na degradação do ácido ascórbico. No suco acondicionado em embalagens com tampas de PE de baixa transparência, a retenção de ácido ascórbico foi significativamente maior no 22º e 38º dia quando comparado ao suco acondicionado em embalagens com tampas de PE de alta transparência, entretanto, ao final do período de estocagem a 8°C o efeito da luz foi considerado não significativo ( $p>0,01$ ).

MARTIN et al. (1995), citado por, CORRÊA NETO e FARIA (1999), estudaram a estabilidade do ácido ascórbico de suco de laranja pasteurizado, envasado à quente em garrafas transparentes de vidro. O suco foi estocado à 5°C sem luz, 5°C com luz fluorescente (20W), à temperatura ambiente sem luz, à temperatura ambiente em presença de luz solar e à 30°C sem luz. Os autores concluíram que a presença de luz causou degradação do ácido ascórbico nas condições do estudo.

### **2.6.2.3 – Enzimas**

As enzimas encontradas em frutas cítricas que oxidam a vitamina C são a ácido ascórbico oxidase, a citocromo oxidase, a peroxidase e a fenolase. Nas frutas, as enzimas responsáveis pela destruição do ácido ascórbico não estão em contato direto com o ácido ascórbico. Porém, quando as frutas sofrem algum tipo de dano, como ocorre durante o descascamento, ou quando são cortadas e misturadas durante a homogeneização, ocorre desorganização celular, que permite o contato do substrato e enzima, aumentando assim, a oxidação do ácido ascórbico (NAGY, 1980; MAPSON, 1970, citado por, JAWAHEER et al., 2003).

Durante o processamento de sucos de fruta, possíveis perdas de vitamina C causadas por enzimas podem ser minimizadas através de etapas como a desaeração, que reduz as taxas de oxigênio presente, e pelo emprego de altas temperaturas de pasteurização, que reduzem a atividade das enzimas (NAGY, 1980; BELITZ e GROSCH, 1997; LEE e COATES, 1999). O uso de temperaturas acima de 60°C é capaz de inativar as enzimas e por isso, durante etapas como a



exaustão e a pasteurização, a oxidação do ácido ascórbico ocorre pelo emprego do calor (JAWAHER et al., 2003).

Em sucos de frutas frescos, pode ocorrer perda de vitamina C por ação enzimática. LEE e COATES (1999) determinaram a perda de vitamina C de suco de laranja não pasteurizado e congelado, acondicionados em garrafas de polietileno, por 24 meses e estocados a  $-23^{\circ}\text{C}$ . O conteúdo de vitamina C caiu de 40,6 mg/100 mL para 32 mg/100 mL, tendo sido retido cerca de 80% do ácido ascórbico ao final do período estudado. Foi verificado que a redução do conteúdo de vitamina C do suco fresco ocorreu, provavelmente, pela oxidação enzimática, pois a ausência de tratamento térmico tornou o suco oportuno para ação das enzimas.

#### **2.6.2.4 - Catalisadores metálicos e pH**

Reações de degradação do ácido ascórbico em soluções aquosas também dependem de fatores como o pH e presença de metais como cobre (MOSER e BENDICH, 1991). A oxidação catalisada por metais ocorre muito mais rapidamente que a oxidação espontânea, sendo que metais pesados como  $\text{Cu}^{+2}$  e  $\text{Fe}^{+3}$  são catalíticos independentemente da concentração de oxigênio do alimento (ROBINSON, 1991; BELITZ e GROSCH, 1997).

A estabilidade do ácido ascórbico é mais alta entre pH 4 e 6, sendo que em condições ácidas, a degradação do ácido ascórbico leva à formação de ácido L-(+)-tartárico e de furfural, que pode reagir com aminoácidos ou se polimerizar resultando em melanoidinas, e a formação de outros derivados furanos e de alguns produtos de condensação (GRAUMLICH et al., 1986; MOSER e BENDICH, 1991). A degradação catalisada por álcali resulta em mais de 50 compostos, principalmente, ácidos mono, di, e tricarboxílicos (MOSER e BENDICH, 1991).

### *3. Objetivos*

### **3 – OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho foi realizar o estudo de vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado avaliando suas características físico-químicas e sensoriais.

#### **3.1 - Objetivos específicos**

- Avaliar as características físico-químicas e sensoriais do suco de laranja concentrado comparativamente ao suco de laranja fresco e ao suco de laranja pasteurizado.
- Avaliar a vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado armazenado sob congelamento.
- Avaliar os compostos furânicos formados durante a vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado.

## *4. Material e Métodos*

## **4 - MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 – Material**

Foi utilizado suco de laranja da variedade Pêra da safra/04, fresco (recém extraído), pasteurizado (104°C/10 segundos) e concentrado (57,9°Brix), fornecido por uma indústria produtora de suco da região de Araraquara, SP.

#### **4.1.1 - Tratamento das amostras**

Amostras de suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado foram coletadas imediatamente após cada etapa do processamento. As amostras de suco de laranja concentrado foram acondicionadas em embalagens de vidro com capacidade de 250 mL, previamente esterilizadas, envoltas em papel alumínio, fechadas hermeticamente e armazenadas em congelador a -18°C.

### **4.2 – Métodos**

Foi realizada a avaliação sensorial e físico-química do suco de laranja fresco, do suco pasteurizado e do suco concentrado imediatamente após a coleta, no tempo zero de estocagem. O suco concentrado e congelado também foi analisado durante sua vida-de-prateleira.

#### **4.2.1 - Avaliação sensorial do suco de laranja**

Na análise sensorial o suco pasteurizado e o suco concentrado foram reconstituídos com água destilada, para obter o mesmo teor de sólidos solúveis totais do suco fresco (10,8°Brix). Foi avaliada a aceitação da cor, do aroma, do sabor e da impressão global do suco fresco, do suco pasteurizado e do suco concentrado no tempo zero de estocagem. Os mesmos atributos sensoriais foram empregados na avaliação do suco de laranja concentrado e congelado durante sua vida-de-prateleira, nos seguintes períodos de tempo: 0, 10, 45, 100, 180, 190 e 205 dias de estocagem (ASTM, 1993).

Uma equipe de 50 provadores, consumidores potenciais de suco de laranja, foi recrutada mediante uso de questionário, dentre os alunos, funcionários

e professores da Faculdade de Ciências Farmacêuticas – UNESP. Foram selecionados os indivíduos que consumiam suco de laranja pelo menos duas vezes por semana.

A aceitação da cor, do aroma, do sabor e da impressão global dos sucos foi avaliada empregando escala hedônica estruturada de nove pontos (9=gostei muitíssimo; 5=nem gostei nem desgostei; 1=desgostei muitíssimo), conforme a ficha de avaliação apresentada na Figura 2. Foi ainda solicitado aos provadores que avaliassem a intenção de compra dos sucos no tempo zero de estocagem e durante a vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado (Figura 2).

As amostras foram codificadas com números aleatórios de três dígitos, apresentadas monadicamente e servidas a 10°C, em cabines individuais iluminadas com lâmpada comum de tungstênio (60 watts), tendo ficado à disposição dos provadores água e biscoito tipo água (STONE e SIDEL, 1993), conforme apresentado nas Figuras 3 e 4.

O período de vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado foi estabelecido considerando-se aceitos os sucos quem apresentasse médias de aceitação  $\geq 5$  (STONE e SIDEL, 1993).

#### **4.2.2 - Avaliação físico-química do suco de laranja**

Para as análises físico-químicas, o suco de laranja pasteurizado e o suco de laranja concentrado foram reconstituídos com água destilada de modo a obter o mesmo teor de sólidos solúveis totais do suco de laranja fresco (10,8°Brix).

A avaliação físico-química durante a vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado foi realizada nos seguintes períodos de tempo: 0, 10, 30, 45, 90, 100, 140, 180, 190, 205, 230, 270, 370, 400 e 440 dias de estocagem (ASTM, 1993).

Todas as amostras, em todos os períodos de tempo, foram analisadas em triplicata.

NOME: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_\_\_

Número da amostra: \_\_\_\_\_

Avalie a amostra de suco de laranja usando a escala abaixo para descrever o quanto você gostou ou desgostou:

9. Gostei muitíssimo
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Nem gostei nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei muitíssimo

Em relação à cor \_\_\_\_\_

Em relação ao aroma \_\_\_\_\_

Em relação ao sabor \_\_\_\_\_

Em relação à impressão global \_\_\_\_\_

Assinale, para esta amostra, qual seria sua atitude quanto à compra do produto.

- ( ) eu certamente compraria este produto
- ( ) eu provavelmente compraria este produto
- ( ) tenho dúvidas se compraria ou não este produto
- ( ) eu provavelmente não compraria este produto
- ( ) eu certamente não compraria este produto

Justificativa:

---

---

---

Figura 2. Ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de aceitação da cor, do aroma, do sabor e da impressão global do suco de laranja.



Figura 3. Avaliação da aceitação da cor e do aroma do suco de laranja realizada por provador.



Figura 4. Avaliação da aceitação do sabor do suco de laranja realizada por provador.



#### **4.2.2.1 - Determinação do teor de sólidos solúveis totais**

A determinação do teor de sólidos solúveis totais (Brix) foi realizada por refratometria (refratômetro Carl Zeiss, modelo I), de acordo com o método 932.12 da AOAC (1990). Os valores obtidos foram corrigidos pelo teor de acidez, de acordo com Kimball (1991).

#### **4.2.2.2 - Determinação da acidez total titulável**

A acidez total titulável foi determinada de acordo com o método descrito por CARVALHO et al. (1990).

#### **4.2.2.3 - Determinação do *ratio***

O *ratio* foi calculado com os valores obtidos do teor de sólidos solúveis totais e da acidez total titulável. O valor do *ratio* é obtido dividindo-se o teor de sólidos solúveis totais pelo valor da acidez.

#### **4.2.2.4 - Determinação do pH**

O pH dos sucos foi determinado usando método potenciométrico (pHmetro Micronal, modelo B371) segundo CARVALHO et al. (1990).

#### **4.2.2.5 - Determinação do teor de açúcares totais e redutores**

Os teores de açúcares totais e redutores foram determinados segundo o método de Lane-Eynon (AOAC, 1990).

#### **4.2.2.6 - Determinação do conteúdo de ácido ascórbico**

O conteúdo de ácido ascórbico foi determinado usando o método de Tillmans (AOAC, 1990; BENASSI, 1990).

#### **4.2.2.7 – Determinação de furaldeídos totais**

O conteúdo de furaldeídos totais foi determinado usando o método descrito

por Espinosa-Mansilla et al. (1992). Dez mL de suco de laranja concentrado congelado reconstituído (10,8°Brix) foram submetidos à limpeza e centrifugação (5000rpm/8min/10°C) de acordo com PORRETA e SADEI (1991) e MENDOZA et al. (2002). O extrato obtido foi filtrado e teve o volume completado a 25 mL. Uma alíquota de 1 mL foi tomada para a reação de Winkler.

#### **4.2.3 - Análise estatística**

Os resultados obtidos na análise sensorial e físico-química foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e tiveram as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) (PIMENTEL GOMES, 1987). Foram também realizadas análises de regressão linear ao longo do estudo de vida-de-prateleira (ORIGIN<sup>®</sup>, 1997).

## *5. Resultados e Discussão*

## 5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Avaliação do suco de laranja fresco, do suco de laranja pasteurizado e do suco de laranja concentrado no tempo zero de estocagem

#### 5.1.1 Avaliação sensorial

Os resultados obtidos no teste de aceitação sensorial do suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado no tempo zero de estocagem, estão apresentados na Tabela 2.

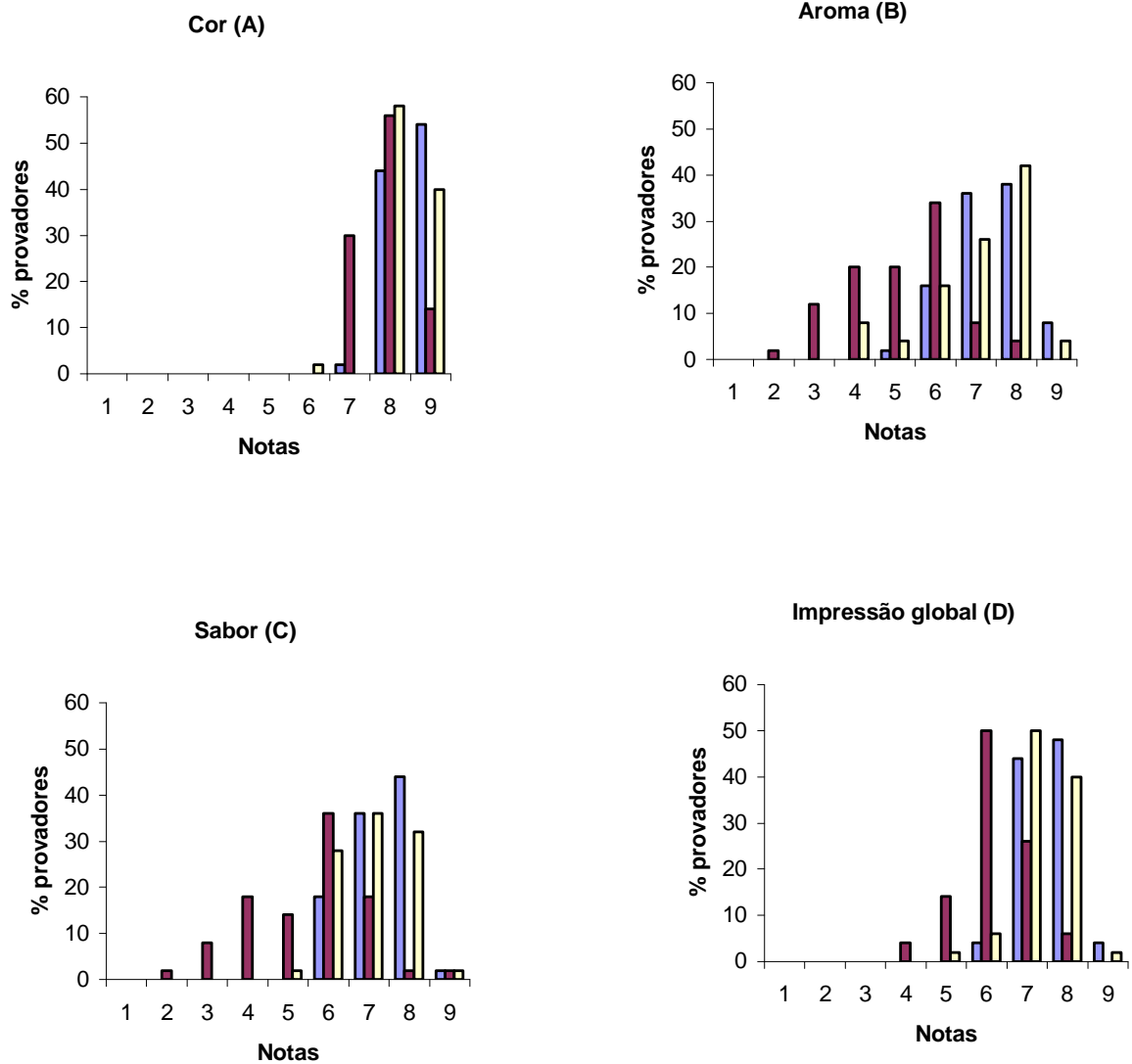
Tabela 2. Médias de aceitação e desvios padrão dos atributos sensoriais avaliados no suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado.

Suco	Atributos			
	Cor	Aroma	Sabor	Impressão Global
Fresco	8,5 <sup>a</sup> ± 0,5	7,4 <sup>a</sup> ± 0,9	7,3 <sup>a</sup> ± 0,8	7,5 <sup>a</sup> ± 0,7
Pasteurizado	7,8 <sup>b</sup> ± 0,7	5,1 <sup>b</sup> ± 1,4	5,5 <sup>b</sup> ± 1,5	6,2 <sup>b</sup> ± 0,9
Concentrado	8,4 <sup>a</sup> ± 0,6	7,0 <sup>a</sup> ± 1,3	7,0 <sup>a</sup> ± 0,9	7,4 <sup>a</sup> ± 0,7

Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente para o teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Observa-se na Tabela 2, que não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre o suco de laranja fresco e o suco concentrado em relação a todos os atributos avaliados no tempo zero de estocagem. O suco de laranja pasteurizado foi significativamente inferior ( $p < 0,05$ ) em relação a todos atributos quando comparado ao suco fresco e ao suco concentrado. O suco de laranja fresco apresentou as maiores notas de aceitação, seguido pelo suco de laranja concentrado e pelo suco de laranja pasteurizado, embora todos tenham apresentado aceitação superior à nota de corte (5) (STONE e SIDEL, 1993).

Foi verificado também a distribuição de freqüência das notas atribuídas pelos provadores aos atributos avaliados. A freqüência das notas de aceitação da cor, do aroma, do sabor e da impressão global permitiu visualizar algumas diferenças entre o suco fresco, o suco pasteurizado e o suco concentrado (Figura 5 A a D).



■ Suco de laranja fresco 
 ■ Suco de laranja pasteurizado 
 ■ Suco de laranja concentrado

Figura 5. Frequência das notas atribuídas pelos provadores aos atributos sensoriais cor, aroma, sabor e impressão global do suco de laranja fresco, do suco de laranja pasteurizado e do suco de laranja concentrado no tempo zero de estocagem (1=desgostei muitíssimo; 2=desgostei muito; 3=desgostei moderadamente; 4=desgostei ligeiramente; 5=nem gostei nem desgostei; 6=gostei ligeiramente; 7=gostei moderadamente; 8=gostei muito; 9=gostei muitíssimo).

Para a aceitação da cor (Figura 5A), 100% dos provadores que avaliaram o suco, atribuíram nota maior ou igual a 7 para o suco de laranja fresco e para o suco de laranja pasteurizado, enquanto que para o suco de laranja concentrado 98% dos provadores atribuíram nota maior ou igual a 7, entre “gostei moderadamente” e “gostei muitíssimo”. Para o suco de laranja fresco, a maior porcentagem dos provadores (54%) atribuiu nota 9 (“gostei muitíssimo”) para cor, enquanto que para o suco pasteurizado e para o suco concentrado, as maiores porcentagens de provadores (56% e 58%, respectivamente) atribuíram nota 8 (“gostei muito”) para esse atributo. Os resultados indicaram que houve boa aceitação da cor para todos os sucos de laranja estudados.

Para a aceitação do aroma (Figura 5B), 100% dos provadores atribuíram nota de aceitação maior ou igual 5 (nota de corte), correspondente à “nem gostei nem desgostei”, para o suco de laranja fresco, 66% para o suco de laranja pasteurizado e 92% para o suco concentrado. A maior parte dos provadores atribuiu nota 8 (“gostei muito”) para o aroma do suco fresco e do suco concentrado (38% e 42%, respectivamente), enquanto para o aroma do suco pasteurizado, 34% dos provadores atribuíram nota 6 (“gostei ligeiramente”). Notas menores que 4 (“desgostei ligeiramente”) foram atribuídas por 34% dos provadores para o suco de laranja pasteurizado e por 8% dos provadores para o suco de laranja concentrado, indicando que o aroma do suco pasteurizado apresentou a menor porcentagem de aceitação entre os provadores.

Com relação à aceitação do sabor (Figura 5C), 100% dos provadores atribuíram nota maior ou igual a 6 (“gostei ligeiramente” a “gostei muitíssimo”) para o suco de laranja fresco. O suco de laranja pasteurizado recebeu 72% de notas de aceitação maiores ou iguais a 5 e o suco de laranja concentrado 100%. A maior porcentagem dos provadores atribuíram nota 8 (“gostei muito”) para o sabor do suco fresco (44%) e nota 7 (“gostei moderadamente”) para o sabor do suco concentrado (36%). Para o suco pasteurizado, a maior porcentagem dos provadores (36%) atribuíram nota 6. Notas iguais ou inferiores a 4 (“desgostei ligeiramente” a “desgostei muito”) foram atribuídas ao suco de laranja pasteurizado por de 28% dos provadores. Embora todos os sucos tenham apresentado boa aceitação, pode-se notar que o sabor do suco pasteurizado foi o menos aceito pelos provadores (Figura 5C).

Para a aceitação da impressão global, 100% dos provadores atribuíram nota maior ou igual a 5 (“nem gostei nem desgostei”) para o suco fresco e para o suco concentrado, enquanto que para o suco pasteurizado, essa porcentagem foi de 96% dos provadores. A maior porcentagem de provadores (50%) atribuíram nota 6 (“gostei ligeiramente”) para o suco pasteurizado. No caso do suco fresco, a maior porcentagem dos provadores (48%) atribuiu nota 8 (“gostei muito”), ao passo que para o suco concentrado, a maior parte dos provadores (50%) atribuiu nota 7 (“gostei moderadamente”). Notas menores ou iguais a 4 foram atribuídas apenas para o suco pasteurizado por 4% dos provadores.

A atitude de compra dos provadores em relação ao suco de laranja fresco, ao suco de laranja pasteurizado e ao suco de laranja concentrado foi também avaliada (Figura 6).

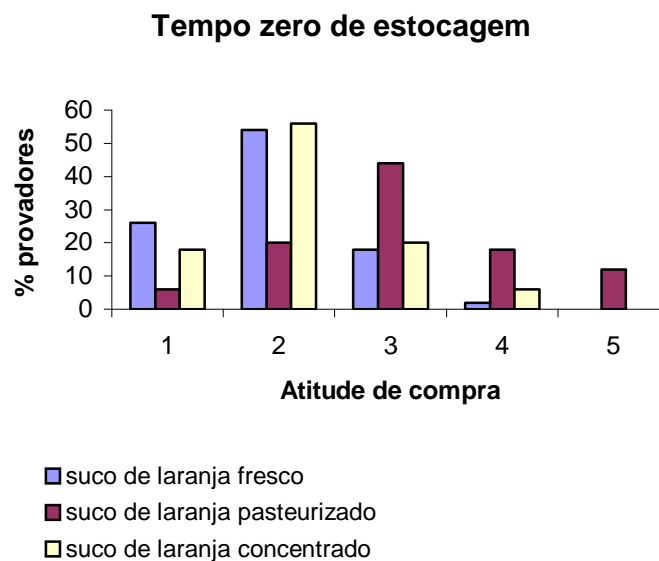


Figura 6. Atitude de compra dos provadores para o suco de laranja fresco, para o suco de laranja pasteurizado e para o suco de laranja concentrado (zero dia de estocagem) (1=certamente compraria o produto; 2=provavelmente compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente não compraria o produto; 5=certamente não compraria o produto).

O suco de laranja fresco obteve a maior porcentagem de resposta favorável, com 80% dos provadores atribuindo atitude de compra entre 1 e 2 (“certamente compraria” e “provavelmente compraria”), seguido pelo suco de laranja concentrado com 74% e pelo suco pasteurizado com 26%. A maior porcentagem de respostas desfavoráveis foi para o suco de laranja pasteurizado com 30% de atitude de compra entre 4 e 5 (“provavelmente não compraria” e “certamente não compraria”), seguida do suco concentrado (6%) e do suco fresco (2%) (Figura 6).

A distribuição de frequência das notas de aceitação e a atitude de compra justificam as médias de aceitação obtidas para a cor, o aroma, o sabor e a impressão global do suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado (Tabela 2).

Os resultados obtidos sugerem que o suco pasteurizado ora avaliado, tenha sido coletado em uma etapa do processamento do suco concentrado em que já havia sido realizada a retirada de compostos voláteis, que são normalmente removidos junto com os vapores de água nos primeiros estágios do evaporador. Este procedimento justificaria a aceitação desfavorável do sabor e do aroma do suco de laranja pasteurizado, conforme avaliado pelos provadores nos testes de aceitação e corroborado pela atitude de compra. Os compostos voláteis removidos do suco podem ser posteriormente adicionados ao suco de laranja concentrado (QUEIROZ e MENEZES, 2005; ALVES, 2006).

### **5.1.2 Avaliação físico-química**

Os resultados obtidos na avaliação das características físico-químicas do suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado estão apresentados na Tabela 3.

Devido à prática da reconstituição adotada neste trabalho, para fins de comparação, os sucos tinham seus sólidos solúveis totais ajustados a 10,8°Brix refratometricamente. O teor de sólidos solúveis totais dos sucos avaliados, corrigidos em função da acidez total, foi de 10,9 a 11,0°Brix, tendo sido semelhante entre os sucos ( $p > 0,05$ ).



Tabela 3. Médias e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos avaliados no suco de laranja fresco, pasteurizado e concentrado.

Parâmetros	Fresco	Pasteurizado	Concentrado
<b>Sólidos solúveis totais</b> (°Brix)	10,9 <sup>a</sup> ± 0,1	10,9 <sup>a</sup> ± 0,0	11,0 <sup>a</sup> ± 0,0
<b>Acidez total</b> (g ácido cítrico /100 mL)	0,68 <sup>c</sup> ± 0,0	0,70 <sup>b</sup> ± 0,0	0,81 <sup>a</sup> ± 0,0
<b>ratio</b> (sólidos solúveis totais/acidez)	15,9 <sup>a</sup> ± 0,1	15,6 <sup>b</sup> ± 0,1	13,5 <sup>c</sup> ± 0,0
<b>pH</b>	3,8 <sup>a</sup> ± 0,0	3,7 <sup>b</sup> ± 0,0	3,7 <sup>b</sup> ± 0,0
<b>Açúcares totais</b> (g glicose/100 mL)	9,0 <sup>a</sup> ± 0,1	8,6 <sup>b</sup> ± 0,0	8,5 <sup>b</sup> ± 0,0
<b>Açúcares redutores</b> (g glicose/100 mL)	4,7 <sup>b</sup> ± 0,0	5,4 <sup>a</sup> ± 0,2	4,4 <sup>b</sup> ± 0,0
<b>Ácido ascórbico</b> (mg/100 mL)	66,7 <sup>a</sup> ± 0,3	49,4 <sup>b</sup> ± 0,3	48,3 <sup>c</sup> ± 0,3

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem significativamente para o teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

A acidez total variou de 0,68 g ácido cítrico/100 mL para o suco de laranja fresco a 0,81 g ácido cítrico/100 mL para o suco concentrado ( $p < 0,05$ ), ocorrendo diferença significativa entre todos os tipos de sucos. O *ratio* dos sucos variou entre 15,9 e 13,5, ocorrendo diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre todos os tipos de sucos. Foi obtido pH 3,8 para o suco fresco, que foi significativamente superior ( $p < 0,05$ ) aos dos demais sucos. O suco de laranja fresco apresentou o maior teor de açúcares totais (9,0 g glicose/100 mL), diferindo significativamente ( $p < 0,05$ ) do suco de laranja pasteurizado (8,6 g glicose/100 mL) e do suco de laranja concentrado (8,5 g glicose/100 mL), que não diferiram ( $p > 0,05$ ) entre si. O suco de laranja pasteurizado apresentou o maior teor de açúcares redutores (5,4 g glicose/100 mL), sendo significativamente superior ( $p < 0,05$ ) ao suco de laranja fresco e ao suco de laranja concentrado. O suco fresco apresentou o teor mais elevado de ácido ascórbico ( $p < 0,05$ ), 66,7 mg/100 mL, sendo observado um decréscimo de 25,8% no teor de ácido ascórbico do suco pasteurizado e de 27,4% no suco concentrado, quando comparados com o teor de ácido ascórbico do suco fresco (Tabela 3). Vale ressaltar que a perda acentuada de ácido ascórbico nos sucos pasteurizado e concentrado, provavelmente, está relacionada com a hipótese do suco pasteurizado, ora avaliado, ter sido coletado

em uma etapa do processamento do suco concentrado que emprega condições mais drásticas de temperatura que as usuais.

SANCHEZ-MORENO et al. (2003) avaliaram as características físico-químicas (pH, sólidos solúveis totais, acidez e teor de ácido ascórbico) de suco de laranja fresco da variedade Valência. Os valores de sólidos solúveis totais (11,30°Brix) e de acidez (1,12 g ácido cítrico/100 g) foram superiores aos obtidos em nosso estudo, enquanto o pH (3,22) e o teor de ácido ascórbico (40,64 mg ácido ascórbico/100 mL) foram inferiores quando comparados ao suco fresco no tempo zero de estocagem (Tabela 3).

TEIXEIRA e MONTEIRO (2004) compararam as características físico-químicas (sólidos solúveis totais, acidez, *ratio*, pH e teor de ácido ascórbico) do suco de laranja Pêra-Rio fresco, pasteurizado (102°C/10 s) e concentrado (71°Brix). O suco fresco apresentou teor de sólidos solúveis totais de 10,9°Brix. O suco pasteurizado e o concentrado foram reconstituídos a 11,7°Brix com água destilada. A acidez dos sucos variou de 0,70 a 0,81 g ácido cítrico/100mL suco, o pH de 3,8 a 3,9 e o valor do *ratio* variou de 14,5 a 15,6. A acidez do suco concentrado e o *ratio* do suco pasteurizado foram similares aos valores obtidos em nosso trabalho, enquanto o teor de ácido ascórbico dos sucos (74,8 a 81,9 mg de ácido ascórbico/100mL de suco) foi superior. A perda de ácido ascórbico resultante do tratamento térmico foi de 6,7 e 8,8% para os sucos pasteurizado e concentrado, respectivamente, sendo inferiores quando comparadas às perdas observadas em nosso estudo para o suco pasteurizado (25,8%) e para o suco concentrado (27,4%).

O conteúdo de ácido ascórbico do suco de laranja fresco e pasteurizado (80°C/60 s) no tempo zero de estocagem foi estudado por LO SCALZO et al. (2004). Foi relatada perda de ácido ascórbico em torno de 4% no suco pasteurizado em relação ao suco fresco. Nossos resultados também mostraram perda de ácido ascórbico decorrente da pasteurização bastante superior (25,8%) aos descritos por LO SCALZO et al. (2004), já que o tratamento térmico foi realizado a 104°C/10 s. Para o suco de laranja concentrado, o teor de ácido ascórbico obtido em nosso estudo esteve de acordo com o intervalo apresentado por ARENA et al. (2001) (44,5 e 53,5 mg ácido ascórbico/100 mL) para suco de laranja concentrado e reconstituído (11,5-12°Brix).

O suco de laranja fresco, o suco de laranja pasteurizado e o suco de laranja concentrado (os dois últimos reconstituídos) apresentaram características físico-químicas de acordo com os limites estabelecidos na Instrução Normativa nº01, de janeiro de 2000 (BRASIL, 2000), em cujos padrões de identidade e qualidade (PIQ), o suco de laranja pronto para beber deve apresentar *ratio* mínimo de 7,0 e teor de sólidos solúveis totais de no mínimo 10,5°Brix. Já o Codex Alimentarium (2005), estabeleceu como padrão para suco de laranja sólidos solúveis totais entre 11,2 e 11,8°Brix. O conteúdo de ácido ascórbico apresentado pelos sucos ora avaliados, também estava de acordo com PIQ (BRASIL, 2000), que exige o mínimo de 25 mg ácido ascórbico/100 g suco.

## 5.2 Estudo da vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado

### 5.2.1 Avaliação sensorial

Os resultados obtidos no estudo da vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado estão apresentados na Tabela 4. As médias de aceitação atribuídas à cor estiveram acima da nota de corte de aceitação (nota 5) (STONE & SIDEL, 1993) durante todo período estudado.

Tabela 4. Médias de aceitação e desvios padrão atribuídos ao suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.

Tempo (dias)	Cor	Aroma	Sabor	Impressão Global
0	8,4 ± 0,6	7,0 ± 1,3	7,0 ± 0,9	7,4 ± 0,7
10	8,2 ± 0,5	6,5 ± 1,3	6,5 ± 1,2	6,9 ± 1,0
45	8,0 ± 0,7	6,4 ± 1,3	6,4 ± 1,1	7,3 ± 1,0
100	7,9 ± 0,6	6,0 ± 1,2	6,0 ± 1,4	6,9 ± 1,1
180	7,6 ± 0,5	5,2 ± 1,1	5,1 ± 1,3	6,7 ± 0,9
190	7,6 ± 0,5	5,3 ± 1,1	5,2 ± 1,1	5,5 ± 1,0
205	7,6 ± 0,6	4,8 ± 1,0	4,4 ± 0,8	4,9 ± 0,8

As médias de aceitação atribuídas ao aroma e ao sabor foram similares em cada período de tempo, no decorrer do estudo. As médias de aceitação da impressão global dos sucos apresentaram perfil semelhante àqueles do aroma e do sabor, sendo entretanto, superiores a estes atributos ao longo do tempo. O suco de laranja concentrado e congelado apresentou boa aceitação até os 190 dias de estocagem, período após o qual o suco deixou de ser aceito pelos provadores, visto que as médias de aceitação para os atributos aroma, sabor e impressão global foram inferiores à nota de corte aos 205 dias de estocagem, o que permitiu atribuir um período de vida-de-prateleira entre 190 e 205 dias para este suco (Tabela 4).

#### **5.2.1.1 Variação da aceitação com o tempo de estocagem**

O comportamento das médias de aceitação atribuídas à cor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem está apresentado na Figura 7. Observa-se que as médias de aceitação atribuídas à cor apresentaram um declínio significativo ao longo do tempo, para  $p=0,0002$ , tendo sido, entretanto, superiores a 5 (nota de corte) (STONE e SIDEL, 1993) durante todo o período estudado.

O coeficiente de determinação obtido para a cor ( $R^2=0,9491$ ) foi muito bom, indicando que as médias de aceitação variaram linearmente com o tempo de estocagem. Segundo BURGARD & KUZNICKI (1990), valores de coeficiente de determinação entre medidas sensoriais e instrumentais ou sensoriais em função do tempo acima de 0,6 são considerados muito bons. Valores de  $R^2$  entre 0,4 e 0,6 são considerados moderados e os coeficientes de determinação abaixo de 0,4 são considerados ruins (BURGARD & KUZNICKI, 1990). Verifica-se, ainda, na Figura 7, que todas as médias de aceitação estiveram dentro do intervalo de confiança de 95% durante todo período de estocagem.

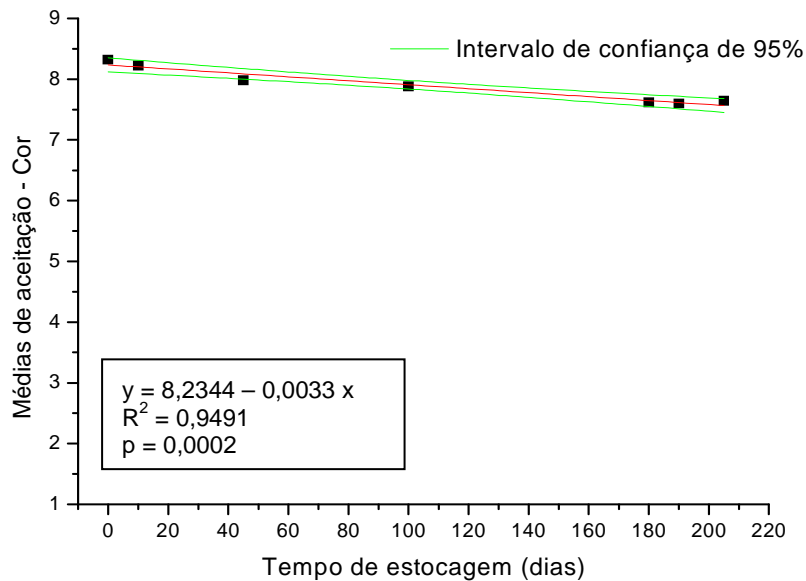


Figura 7. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas à cor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.

Nas Figuras 8, 9 e 10 estão apresentados os comportamentos das médias de aceitação atribuídas ao aroma, ao sabor e à impressão global, respectivamente, do suco de laranja concentrado e congelado ao longo de 205 dias de estocagem.

As médias atribuídas ao aroma apresentaram um declínio ao longo do tempo tendo sido superiores à nota de corte (5 “nem gostei nem desgostei”) até os 190 dias de estocagem. O coeficiente de determinação obtido para o aroma,  $R^2=0,9515$ , foi considerado muito bom (BURGARD & KUZNICKI, 1990). Houve variação linear entre as médias de aceitação e o tempo de estocagem. Todas as médias de aceitação estiveram dentro do intervalo de confiança de 95% durante todo período de estocagem. O declínio foi significativo para  $p=0,0002$  (Figura 8).

Para o atributo sabor, ao longo dos 205 dias de estocagem, o coeficiente de determinação ( $R^2=0,9468$ ) foi considerado muito bom, indicando que houve variação linear entre as médias de aceitação e o tempo de estocagem. Todas as médias de aceitação estiveram dentro do intervalo de confiança de 95% durante todo período de estocagem. O declínio observado foi significativo para  $p=0,0002$  (Figura 9).

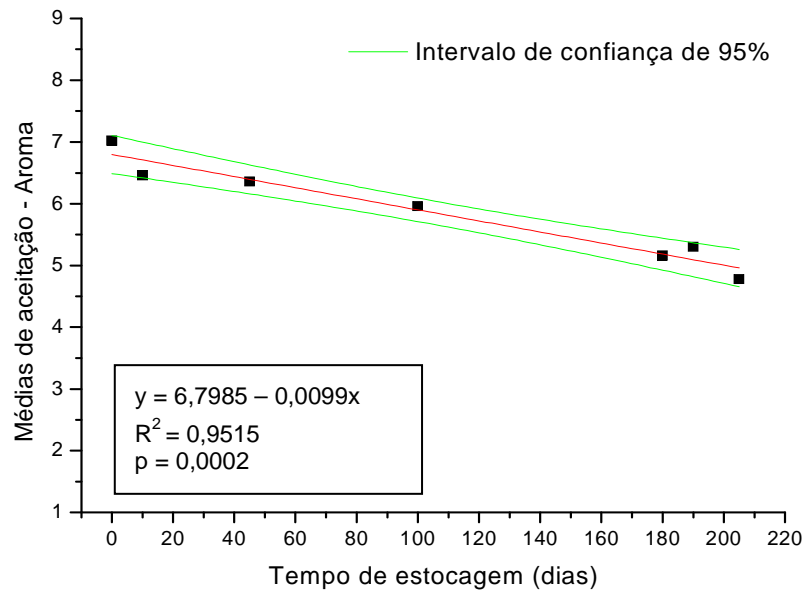


Figura 8. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas ao aroma do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.

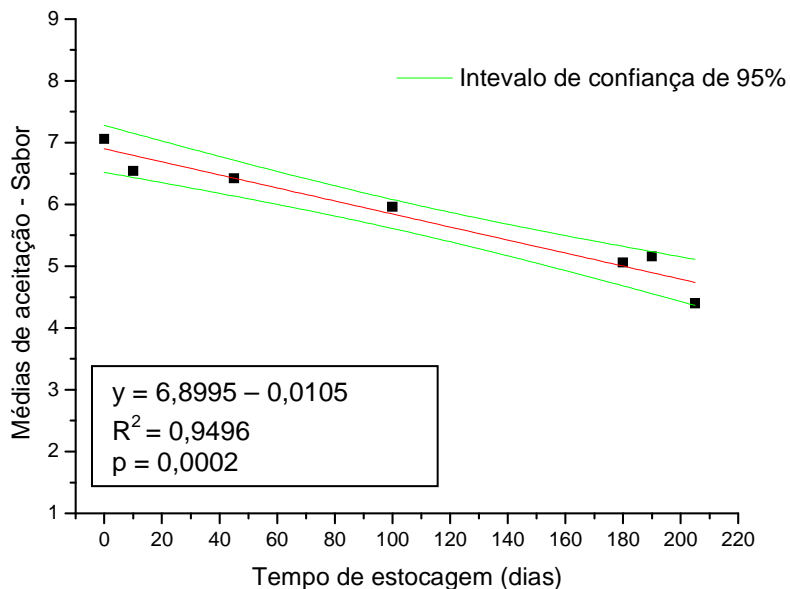


Figura 9. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas ao sabor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.

O coeficiente de determinação obtido para impressão global do suco de laranja concentrado e congelado,  $R^2=0,9522$ , também pode ser considerado muito bom (BUGARD & KUZNICKI, 1990) indicando que houve variação linear das médias de aceitação com o tempo de estocagem. Todas as médias de aceitação estiveram dentro do intervalo de confiança de 95% durante todo período de estocagem (Figura 10). O declínio foi significativo para  $p=0,0002$ .

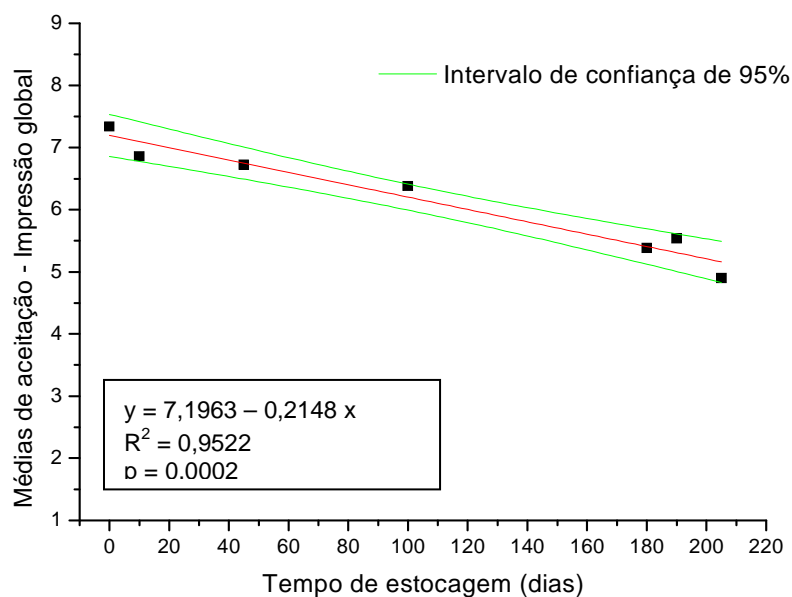


Figura 10. Curva de regressão linear obtida para as médias de aceitação atribuídas à impressão global do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem.

### 5.2.1.2 Distribuição de freqüência das notas de aceitação e atitude de compra atribuídas ao suco de laranja concentrado e congelado, até 205 dias de estocagem

A distribuição de freqüência das notas atribuídas pelos provadores no teste de aceitação do suco de laranja concentrado e congelado em relação à cor, ao aroma, ao sabor e à impressão global, durante 205 dias de estocagem, está apresentada nas Figuras 11 (A a F) à 14 (A a F).

Com relação a aceitação da cor, aos 10 dias de estocagem (Figura 11A), dentre os 50 provadores que avaliaram o suco de laranja concentrado e congelado, 100% atribuíram notas de aceitação iguais ou acima de 7 (“gostei

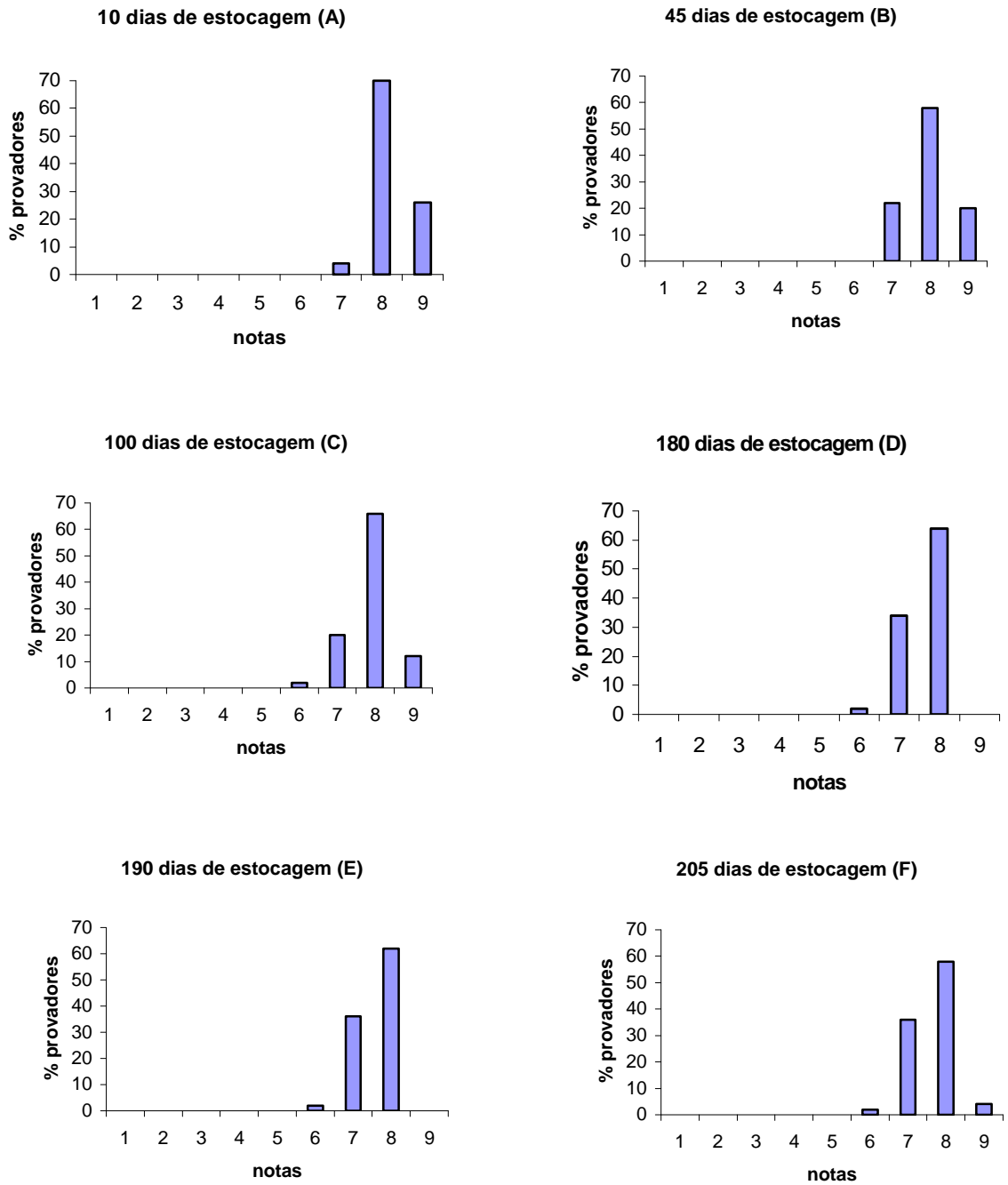


Figura 11. Frequência das notas atribuídas pelos provedores ao atributo cor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem (1=desgostei muitíssimo; 2=desgostei muito; 3=desgostei moderadamente; 4=desgostei ligeiramente; 5=nem gostei nem desgostei; 6=gostei ligeiramente; 7=gostei moderadamente; 8=gostei muito; 9=gostei muitíssimo).



moderadamente” a “gostei muitíssimo”), sendo que 70% destes provadores atribuíram nota 8 (“gostei muito”) para cor. Pôde-se observar, que durante os períodos de realização do teste de aceitação, aos 10, 45, 100, 180, 190 e 205 dias de estocagem, 100% dos 50 provadores, atribuíram notas iguais ou acima de 6 (“gostei ligeiramente” a “gostei muitíssimo”) para cor do suco de laranja concentrado e congelado. Observa-se que houve um deslocamento das notas para esquerda, a partir de 45 dias até os 205 dias de estocagem, mas ainda com a maior porcentagem de provadores atribuindo nota 8 (“gostei muito”) para este atributo durante toda a vida-de-prateleira do suco de laranja concentrado e congelado (Figura 11).

Com relação a aceitação do aroma do suco de laranja concentrado e congelado (Figura 12), 99% dos provadores atribuíram notas iguais ou acima de 5 aos 10 dias e aos 45 dias de estocagem, sendo que a maior porcentagem dos provadores (30%) atribuiu nota 7 (“gostei moderadamente”) aos 10 dias (Figura 12A) e nota 6 (“gostei ligeiramente”) (32% dos provadores) ao 45 dias de estocagem. Aos 100 dias de estocagem, a maior parte dos provadores (36%) também atribuiu nota 6 (“gostei ligeiramente”) para este atributo, sendo que a porcentagem de notas maior ou igual a 5 diminuiu para 90% (Figura 12C). Além disso, nenhum provador atribuiu nota 9 (“gostei muitíssimo”) para este atributo. A porcentagem de provadores que atribuíram notas iguais ou maiores que 5, aos 180 dias de estocagem, foi de 74% (Figura 12D), sendo que a maior parte dos provadores (36%) atribuiu nota 5. Apenas 2% dos provadores atribuíram nota 8 (“gostei muito”) aos 180 dias de estocagem, sendo que nenhum provador atribuiu nota 9 (“gostei muitíssimo”) para o aroma. A maior porcentagem dos provadores (32%) atribuíram nota 6 (“gostei ligeiramente”) para o aroma aos 190 dias de estocagem (Figura 12E), sendo que nenhuma nota 8 (“gostei muito”) e 9 (“gostei muitíssimo”) foi atribuída ao aroma e 24% dos provadores atribuíram notas abaixo da nota de corte (5) (STONE e SIDEL, 1993). Aos 205 dias de estocagem, a maior porcentagem dos provadores (64%) atribuiu notas iguais ou maiores que 5 (“nem gostei nem desgostei”) para o aroma do suco de laranja concentrado e congelado, com a maior porcentagem dos provadores (48%) atribuindo nota 5, sendo observado que nenhuma nota 8 (“gostei muito”) e 9 (“gostei muitíssimo”) foi atribuída neste período e que 36% dos provadores atribuíram notas abaixo de 5 (Figura 12F). A partir dos 45 dias, observa-se um deslocamento das notas para a esquerda, que foi mantido até os

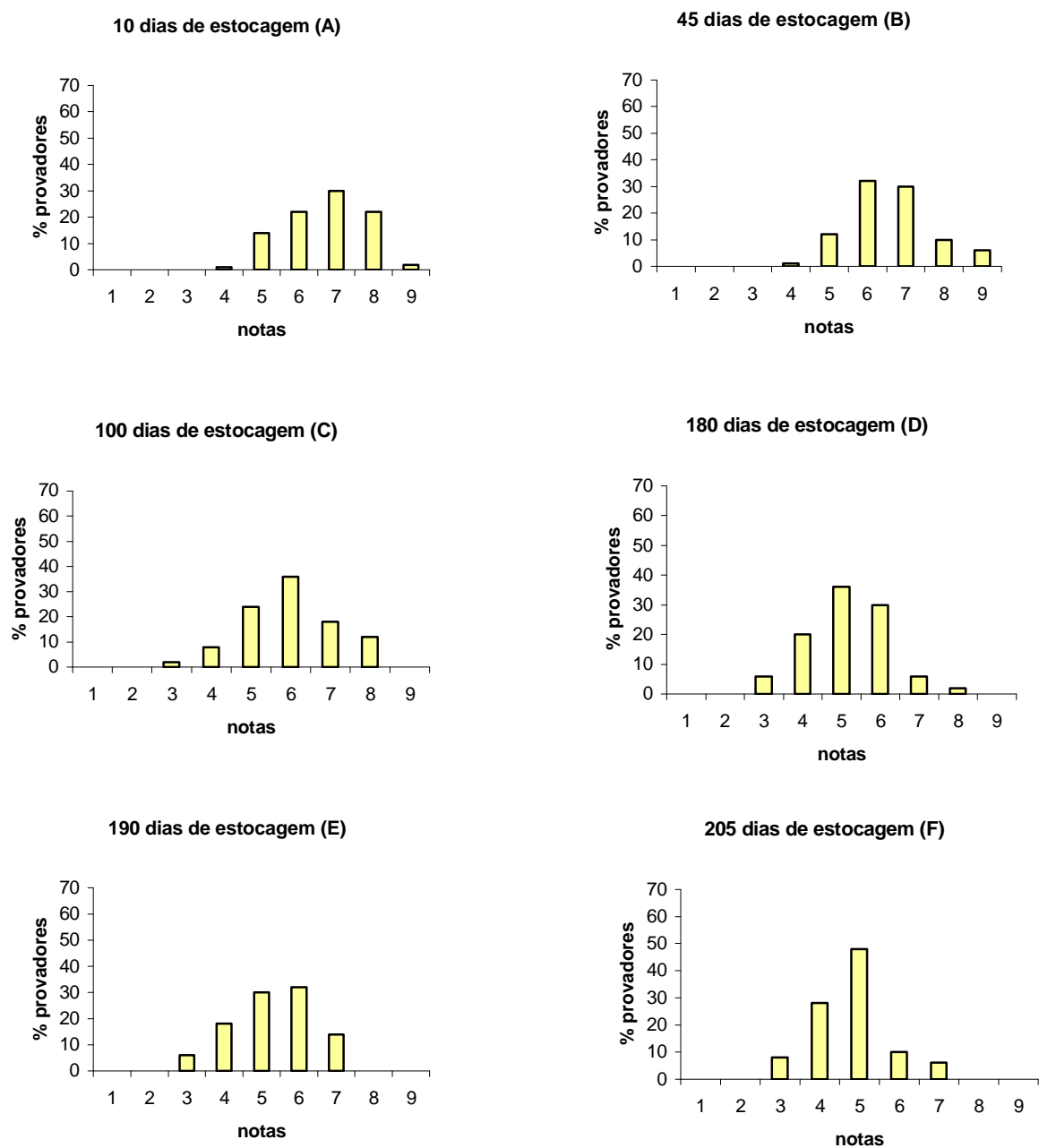


Figura 12. Freqüência das notas atribuídas pelos provadores ao atributo aroma do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem (1=desgostei muitíssimo; 2=desgostei muito; 3=desgostei moderadamente; 4=desgostei ligeiramente; 5=nem gostei nem desgostei; 6=gostei ligeiramente; 7=gostei moderadamente; 8=gostei muito; 9=gostei muitíssimo).

190 dias (Figura 12E). Aos 205 dias de estocagem, observa-se que o deslocamento das notas para níveis inferiores na escala de aceitação foi acentuado (Figura 12).

Com relação a aceitação do sabor, aos 10 dias de estocagem (Figura 13A), dos 50 provadores, 94% atribuíram nota de aceitação maior ou igual a 5 (“nem gostei nem desgostei” a “gostei muito”) para este atributo, sendo que a maior porcentagem dos provadores atribuíram nota 6 e 7 (“gostei ligeiramente” a “gostei moderadamente”) (34% e 38%, respectivamente). Aos 45 dias de estocagem (Figura 13B), a maior porcentagem dos provadores (36%), atribuiu nota 6 (“gostei ligeiramente”) para o sabor, mas ainda 94% dos provadores atribuíram nota maior ou igual a 5 (“nem gostei nem desgostei” a “gostei muito”). Aos 10 e aos 45 dias de estocagem, apenas 6% dos provadores atribuíram notas abaixo de 5 para o sabor do suco de laranja concentrado e congelado. Aos 100 dias de estocagem, 82% dos provadores atribuíram nota de aceitação maior ou igual a 5 para o sabor (Figura 13C), enquanto que aos 180 dias (Figura 13D), a porcentagem de provadores que atribuíram nota maior ou igual a 5 (“nem gostei nem desgostei” a “gostei muitíssimo”) diminuiu bastante, chegando a 58% dos 50 provadores, com a maior porcentagem dos provadores (34%), atribuindo nota 4 (“desgostei ligeiramente”). Aos 190 dias de estocagem, os provadores deixaram de atribuir nota 8 (“gostei muito”) para o sabor do suco de laranja concentrado e congelado (Figura 13E), com 38% dos provadores atribuindo nota 6 (“gostei ligeiramente”) e 30% dos provadores atribuindo nota 4 (“desgostei ligeiramente”).

As notas de aceitação atribuídas ao sabor do suco de laranja concentrado e congelado aos 205 dias de estocagem (Figura 13F), foram muito baixas, não tendo sido atribuídas notas superiores a 6 (“gostei ligeiramente”). A maior parte dos provadores (52%) atribuiu nota 4 (“desgostei ligeiramente”) para o sabor e apenas 40% dos provadores atribuíram nota maior ou igual a 5 (“nem gostei nem desgostei” a “gostei muitíssimo”). Durante o período de estocagem do suco de laranja concentrado e congelado, pôde-se verificar um deslocamento das notas para níveis inferiores na escala de aceitação a partir de 45 dias que aumentou gradualmente até atingir 180 dias acentuando-se entre 190 e 205 dias de estocagem (Figura 13).

Com relação a aceitação da impressão global do suco de laranja concentrado e congelado, observa-se que aos 10 dias de estocagem (Figura 14A),

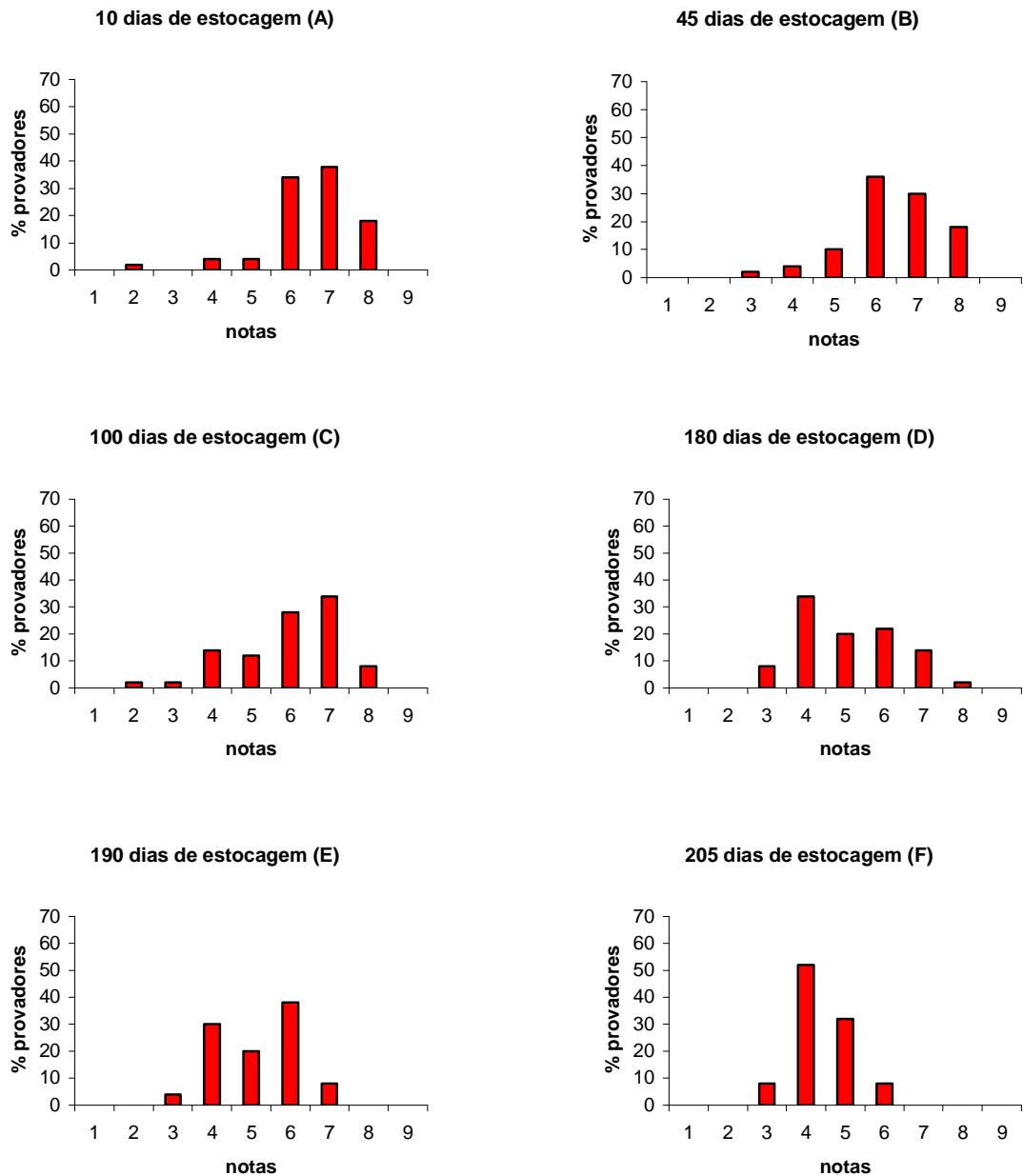


Figura 13. Frequência das notas atribuídas pelos provadores ao atributo sabor do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem (1=desgostei muitíssimo; 2=desgostei muito; 3=desgostei moderadamente; 4=desgostei ligeiramente; 5=nem gostei nem desgostei; 6=gostei ligeiramente; 7=gostei moderadamente; 8=gostei muito; 9=gostei muitíssimo).

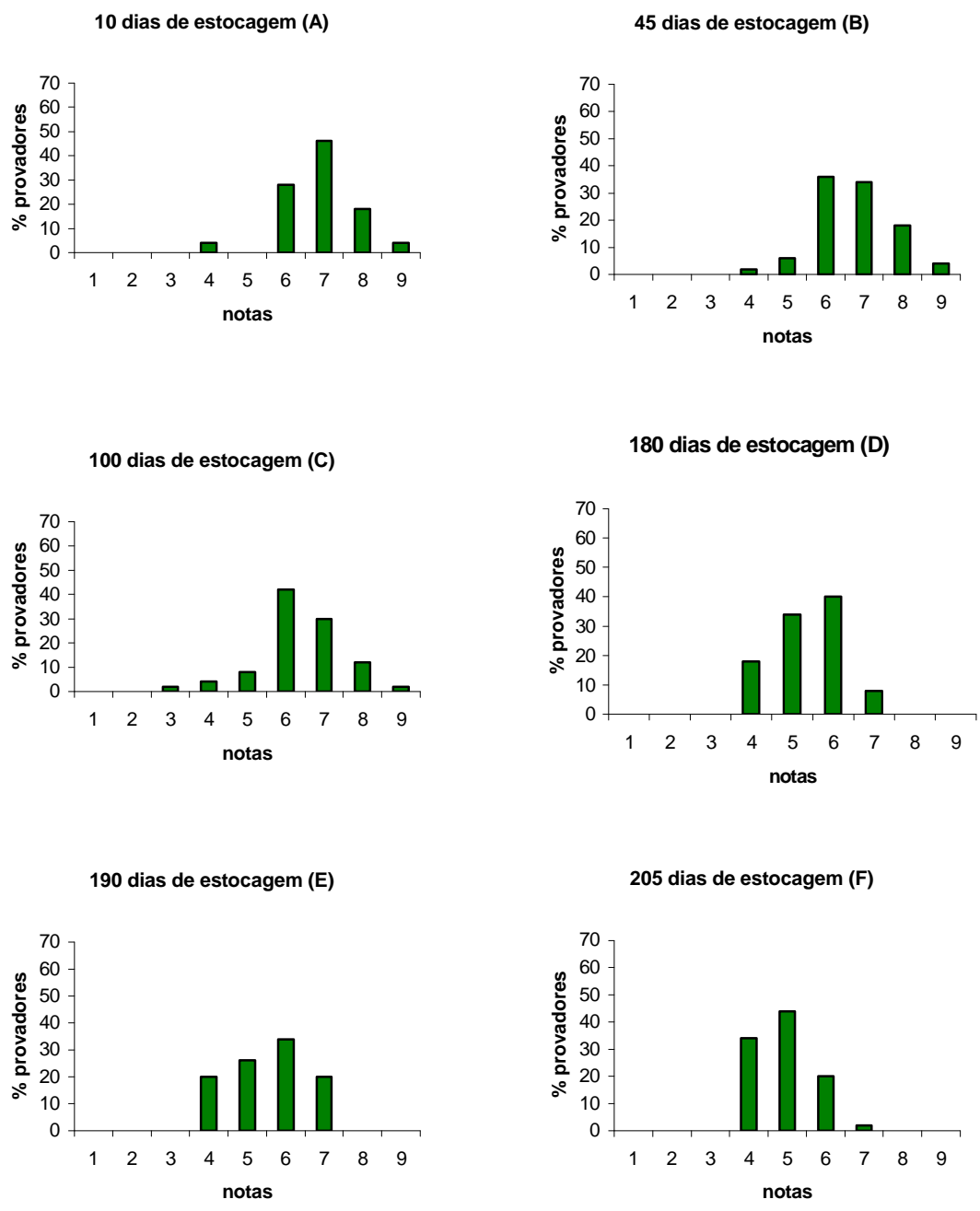


Figura 14. Frequência das notas atribuídas pelos provedores ao atributo impressão global do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem (1=desgostei muitíssimo; 2=desgostei muito; 3=desgostei moderadamente;

96% dos provadores deram notas acima de 5, sendo que a maior porcentagem dos provadores (46%) atribuiu nota 7 (“gostei moderadamente”) para impressão global. Aos 45 dias e aos 100 dias de estocagem (Figura 14B e C), a maior porcentagem dos provadores (36% e 42%, respectivamente) atribuiu nota 6 (“gostei ligeiramente”) para a impressão global, sendo observado que notas iguais a 7 também foram atribuídas por boa parte dos provadores (34% e 30% aos 45 e aos 100 dias, respectivamente). Aos 180 dias de estocagem (Figura 14D), 82% dos provadores atribuíram nota de aceitação maior ou igual a 5 (“nem gostei e nem desgostei” a “gostei moderadamente”), com a maior parte dos provadores (40%) atribuindo nota 6 (“gostei ligeiramente”) para a impressão global e nenhum provador atribuindo nota superior a 7 (“gostei moderadamente”). Aos 190 dias de estocagem, 20% dos provadores atribuíram nota 4 (“desgostei ligeiramente”) para a impressão global do suco de laranja concentrado e congelado, mas a maior porcentagem de provadores (80%) atribuiu nota maior ou igual a 5 para a impressão global (Figura 14E). Aos 205 dias de estocagem (Figura 14F), 66% dos provadores deram notas iguais ou maiores que 5 (“nem gostei e nem desgostei” a “gostei regularmente”) para a impressão global, e 34% dos provadores deram nota 4. Até os 100 dias de estocagem foram atribuídas notas 8 (“gostei muito”) e 9 (“gostei muitíssimo”) para a impressão global, o que deixou de ocorrer após esse período (Figura 14). Pode-se observar um deslocamento gradual das notas para a esquerda a partir de 100 dias até os 205 dias de estocagem (Figura 14).

Os resultados obtidos na avaliação da atitude de compra do suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem estão apresentados na Figura 15. Aos 10 dias de estocagem, o suco de laranja concentrado e congelado obteve 56% de resposta favorável com atitude de compra entre 1 e 2 (“certamente compraria” e “provavelmente compraria”) e 4% de respostas com atitude de compra 4 (“provavelmente não compraria”), indicando atitude de compra positiva. Aos 45 dias de estocagem a porcentagem de provadores que deram respostas favoráveis (atitude de compra entre 1 e 2) diminuiu para 44%, enquanto a porcentagem de respostas desfavoráveis com atitude de compra 4 aumentou para 12%. Aos 45 dias de estocagem a atitude de compra se manteve positiva (Figura 15). Os resultados obtidos para a atitude de compra dos provadores aos 100 dias de estocagem (Figura 15) indicaram uma pequena redução das respostas favoráveis (40%) com o tempo de estocagem e manutenção do índice de respostas desfavoráveis

(12%), o que indica atitude compra positiva. Aos 180 dias de estocagem (Figura 15), ocorreu um deslocamento pronunciado da atitude de compra, em que a porcentagem de provadores que atribuíram respostas desfavoráveis (54%), com atitude de compra entre 4 e 5 (“provavelmente não compraria” e “certamente não compraria”) ultrapassa a porcentagem de provadores que deram respostas favoráveis (16%) para a atitude de compra do suco de laranja concentrado e congelado (Figura 15). Aos 190 dias de estocagem, foi obtida porcentagem de respostas desfavoráveis de 60% dentre os 50 provadores, com atitude de compra entre 4 e 5 (“provavelmente não compraria” e “certamente não compraria”), enquanto 10% das respostas foram favoráveis. Aos 205 dias de estocagem 62% dos provadores tiveram atitude de compra entre 4 e 5, quando o suco de laranja concentrado e congelado deixou de ser aceito pelos provadores. Apenas 2% dos provadores deram respostas 2 (“provavelmente compraria”) (Figura 15).

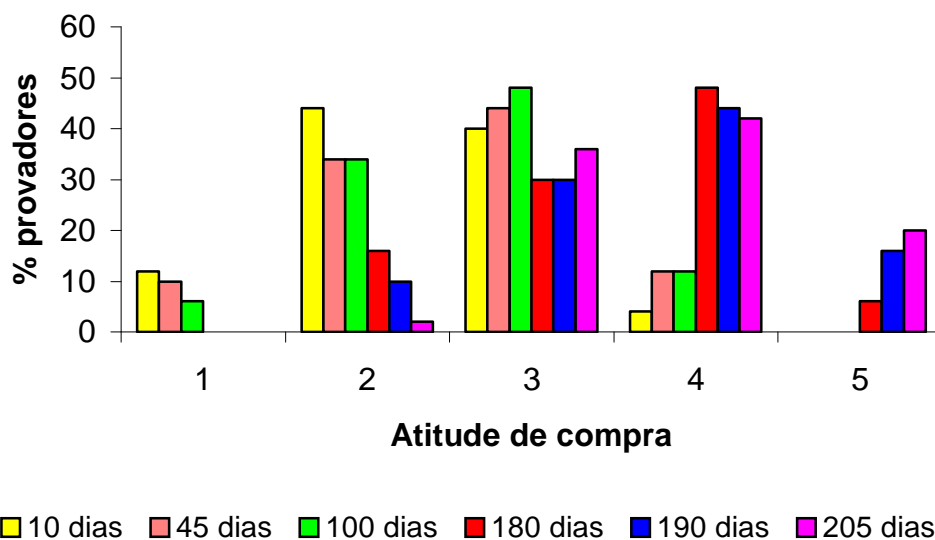


Figura 15. Atitude de compra dos provadores para o suco de laranja concentrado e congelado durante 205 dias de estocagem (1=certamente compraria o produto; 2=provavelmente não compraria o produto; 3=tenho dúvidas se compraria ou não o produto; 4=provavelmente não compraria o produto; 5=certamente não compraria o produto).

### 5.2.2 Avaliação físico-química

Os resultados obtidos na avaliação físico-química do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem, estão apresentados na Tabela 5. O conteúdo de sólidos solúveis totais variou entre 10,96°Brix e 10,97°Brix. Em cada período de análise, o suco concentrado e congelado era reconstituído a 10,8°Brix refratometricamente e após a determinação da acidez, o teor de sólidos solúveis totais era corrigido em função da acidez total (KIMBALL, 1991). Os valores obtidos estão de acordo com aqueles estabelecidos pela legislação Brasileira para suco de laranja (BRASIL, 2000), que descreve como teor mínimo 10,5°Brix de sólidos solúveis totais.

O comportamento do teor de sólidos solúveis totais durante 440 dias pode ser observado na Figura 16. Os valores obtidos para o conteúdo de sólidos solúveis totais apresentaram-se praticamente constantes durante os 440 dias de estocagem. O coeficiente linear obtido ( $r=0,0122$ ) foi muito fraco (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005), demonstrando que não houve correlação linear entre o conteúdo de sólidos solúveis totais e o tempo de estocagem. Segundo SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR (2005), quando o coeficiente de correlação linear ( $r$ ) entre duas variáveis é menor que 0,19, considera-se que houve uma correlação muito fraca. Quando o coeficiente de correlação linear estiver entre 0,20 e 0,39, a correlação é considerada fraca e quando os coeficientes de correlação estiverem entre 0,40 e 0,69, a correlação é considerada moderada. Quando o coeficiente de correlação linear estiver entre 0,69 e 0,89, a correlação é considerada forte e quando o coeficiente de correlação for acima de 0,90, a correlação é considerada muito forte (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). Foi também verificado que apenas três valores obtidos estiveram fora do intervalo de confiança de 95% (Figura 16).

O pH do suco de laranja concentrado e congelado durante a estocagem manteve-se praticamente constante durante o período estudado tendo variado de 3,6 a 3,7 (Tabela 5). O coeficiente linear obtido ( $r=0,4567$ ) indica que a correlação entre o pH e o tempo de estocagem foi moderada, para  $p=0,0871$  (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). Apenas dois valores de pH estiveram fora do intervalo de confiança de 95% (Figura 17).



Tabela 5. Médias e desvios padrão dos parâmetros físico-químicos avaliados no suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

Parâmetros	Tempo de estocagem (dias)														
	0	10	30	45	90	100	140	180	190	205	230	270	370	400	440
<b>Sólidos solúveis totais</b> (°Brix)	10,97±0,00	10,97±0,00	10,96±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00	10,96±0,00	10,96±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00	10,97±0,00
<b>Acidez total</b> (g ácido cítrico/ 100mL suco)	0,8±0,0	0,9±0,0	0,8±0,00	0,8±0,0	0,8±0,0	0,8±0,0	0,9±0,0	0,8±0,0	0,8±0,0	0,9±0,0	0,8±0,0	0,8±0,0	0,8±0,0	0,9±0,0	0,9±0,0
<b>ratio</b> (sólidos solúveis totais/ acidez total)	13,5±0,0	12,9±0,0	13,4±0,0	13,2±0,0	13,2±0,0	13,2±0,0	12,9±0,0	13,1±0,0	13,2±0,0	12,9±0,0	13,4±0,0	13,5±0,0	13,2±0,0	12,9±0,0	12,1±0,0
<b>pH</b>	3,7±0,0	3,7±0,0	3,6±0,0	3,6±0,0	3,6±0,0	3,7±0,0	3,6±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0	3,7±0,0
<b>Açúcares totais</b> (g glicose/100 mL suco)	8,5±0,0	7,6±0,3	9,1±0,2	9,0±0,8	8,3±0,2	8,9±0,0	7,2±0,0	6,6±0,2	7,5±0,2	7,6±0,3	8,1±0,1	7,0±0,0	8,5±0,0	7,5±0,1	7,8±0,3
<b>Açúcares redutores</b> (g glicose/100 mL suco)	4,4±0,0	4,5±0,0	4,8±0,1	3,9±0,1	4,0±0,1	4,4±0,2	3,9±0,1	3,9±0,1	3,8±0,0	3,9±0,1	3,6±0,0	4,0±0,2	4,2±0,2	4,3±0,0	4,5±0,4
<b>Ácido ascórbico</b> (mg/100 mL suco)	48,3±0,3	47,9±0,6	46,0±0,5	45,9±0,6	45,4±0,3	45,1±0,6	45,0±0,3	43,1±0,5	42,3 ±0,6	42,4±0,0	45,1±0,4	42,4±0,1	45,3±0,6	42,0 ±0,0	41,5 ±0,2



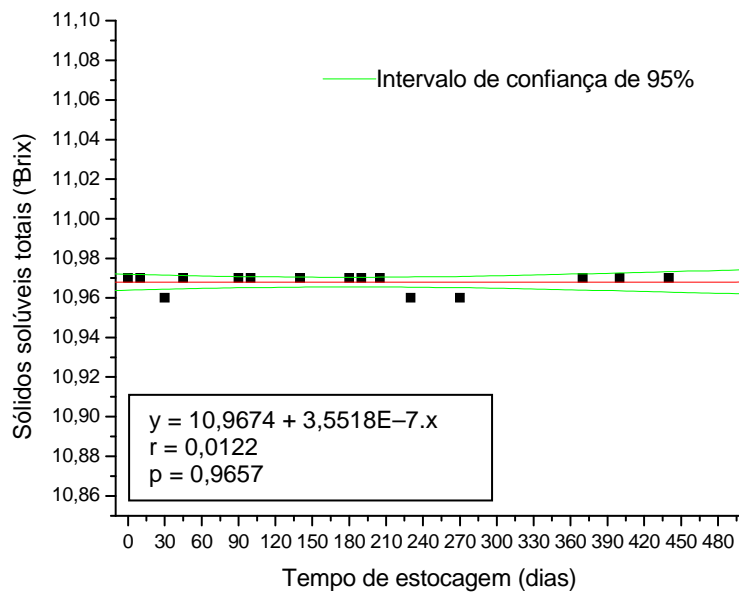


Figura 16 Curva de regressão linear obtida para o conteúdo de sólidos solúveis totais (corrigidos pela acidez) do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

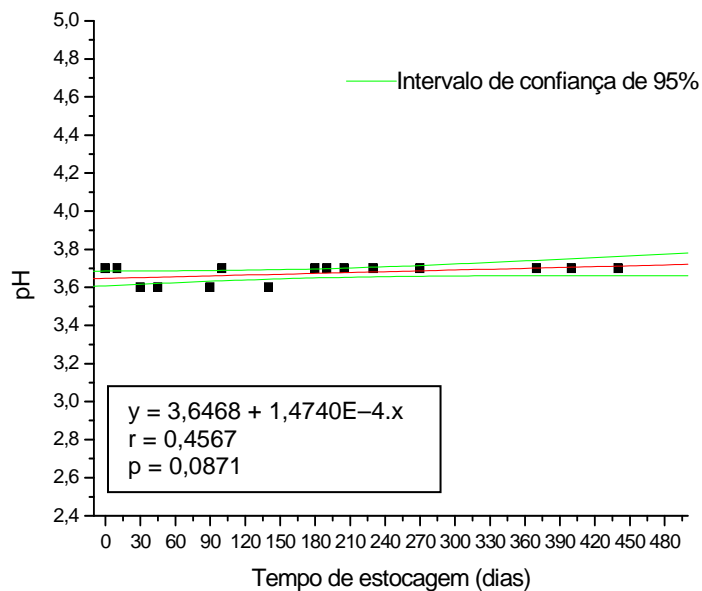


Figura 17. Curva de regressão linear obtida para o pH do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

O teor de acidez variou de 0,8 a 0,9 g ácido cítrico/100 mL suco durante a estocagem (Tabela 5). Os valores de acidez obtidos para o suco de laranja concentrado e congelado revelaram uma tendência de aumento durante a estocagem do suco. O coeficiente linear de 0,4483 obtido entre o teor de acidez e o tempo de estocagem indica correlação moderada, para  $p=0,0938$  (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). Apenas três médias estiveram fora do intervalo de confiança de 95% no período estudado (Figura 18).

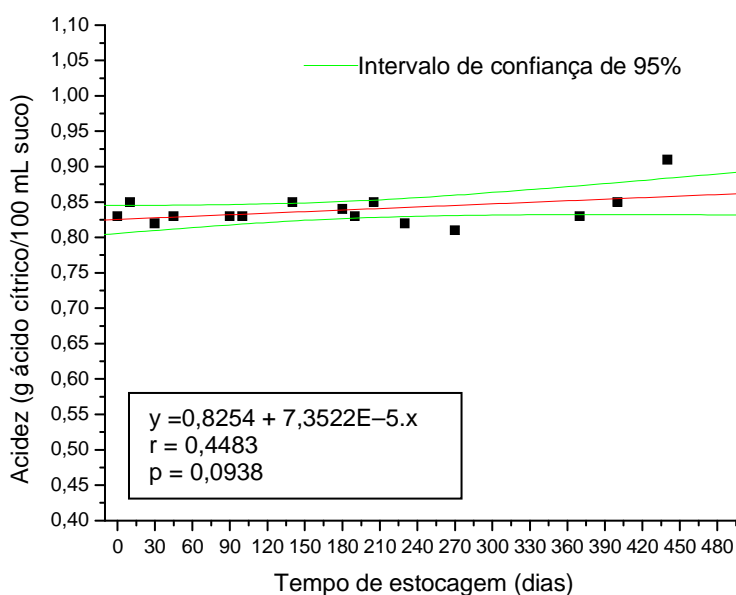


Figura 18. Curva de regressão linear obtida para o conteúdo de acidez total do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

O *ratio* do suco de laranja concentrado e congelado, durante todo o período estudado, variou entre 12,1 e 13,5 (Tabela 5). Os valores de *ratio* obtidos estão de acordo com aquele estabelecido pela legislação Brasileira para suco de laranja, cujo valor mínimo é 7,0 (BRASIL, 2000). Os valores de *ratio* obtidos para o suco de laranja revelaram uma tendência de declínio durante a estocagem do suco. O coeficiente linear obtido entre o *ratio* e o tempo de estocagem ( $r=-0,4952$ ) indica correlação negativa moderada, para  $p=0,0606$  (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). Verificou-se também, que três valores estiveram fora do intervalo de confiança de 95% no período estudado (Figura 19).

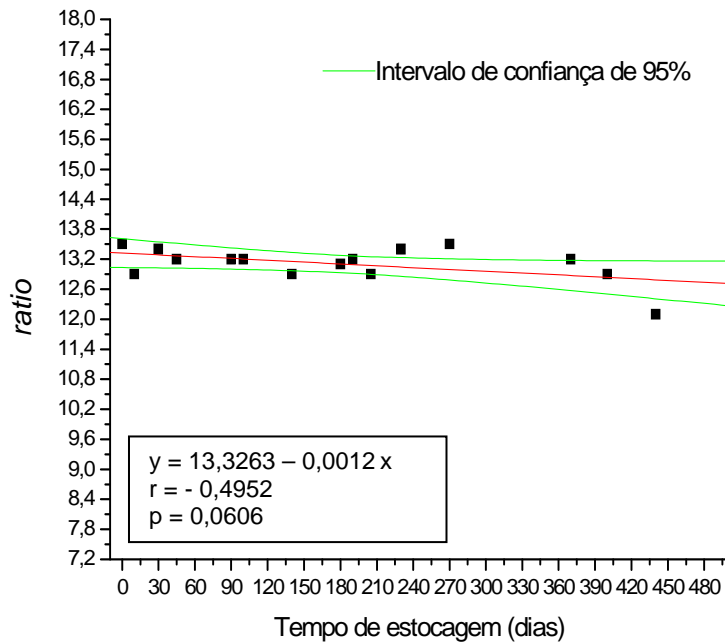


Figura 19. Curva de regressão linear obtida para o *ratio* do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

O teor de açúcares totais do suco de laranja concentrado e congelado variou entre 6,6 a 9,1 g glicose/100 mL suco (Tabela 5). Os valores obtidos durante todo o período estudado, estão de acordo com aquele estabelecido pela legislação Brasileira para suco de laranja (BRASIL, 2000), que descreve o teor máximo de 13 g glicose/100g suco para açúcares totais. O comportamento do conteúdo de açúcares totais durante 440 dias de estocagem pode ser observado na Figura 20. Os valores obtidos para os açúcares totais apresentaram uma tendência de decréscimo durante a estocagem (Figura 20). O coeficiente linear obtido ( $r=-0,3696$ ) demonstra que a correlação linear entre os açúcares totais e o tempo de estocagem foi fraca, para  $p=0,1751$  (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). Foi verificado que quatro valores estiveram fora do intervalo de confiança de 95% (Figura 20).

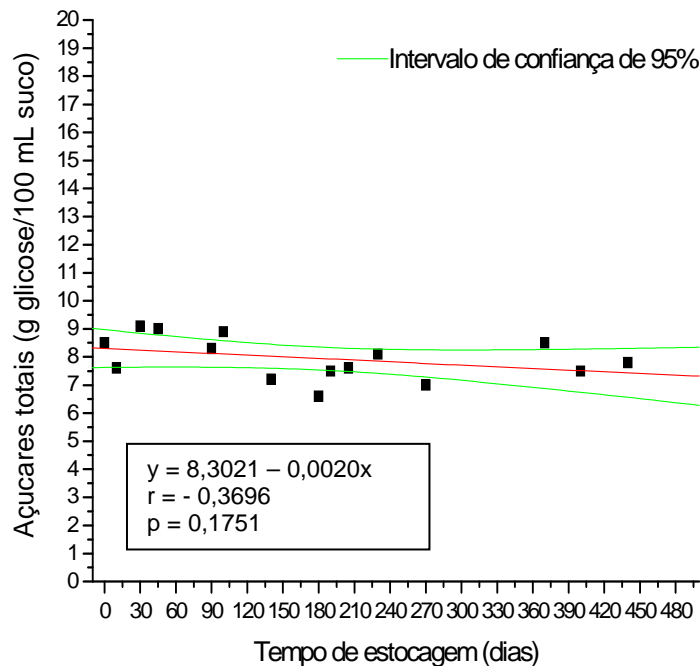


Figura 20. Curva de regressão linear obtida para o teor de açúcares totais do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

O teor de açúcares redutores durante a estocagem do suco de laranja concentrado e congelado variou de 3,6 a 4,8 g glicose/100 mL suco (Tabela 5). Os valores de açúcares redutores obtidos para o suco de laranja concentrado e congelado apresentaram pequena variação durante o período estudado (Figura 21). O coeficiente linear obtido ( $r=-0,1247$ ) foi considerado muito fraco (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005), demonstrando que não houve correlação linear entre o teor de açúcares redutores e o tempo de estocagem, para  $p=0,6579$ . Foi verificado ainda, que três médias estiveram fora do intervalo de confiança de 95% no período estudado (Figura 21).

O teor de ácido ascórbico do suco de laranja concentrado e congelado variou entre 48,3 a 41,5 mg/100 mL suco (Tabela 5). Os valores de ácido ascórbico obtidos durante 440 dias de estocagem estão de acordo com aquele estabelecido pela legislação Brasileira para suco de laranja, cujo teor mínimo é de 25 mg ácido ascórbico/100 g suco (BRASIL, 2000).

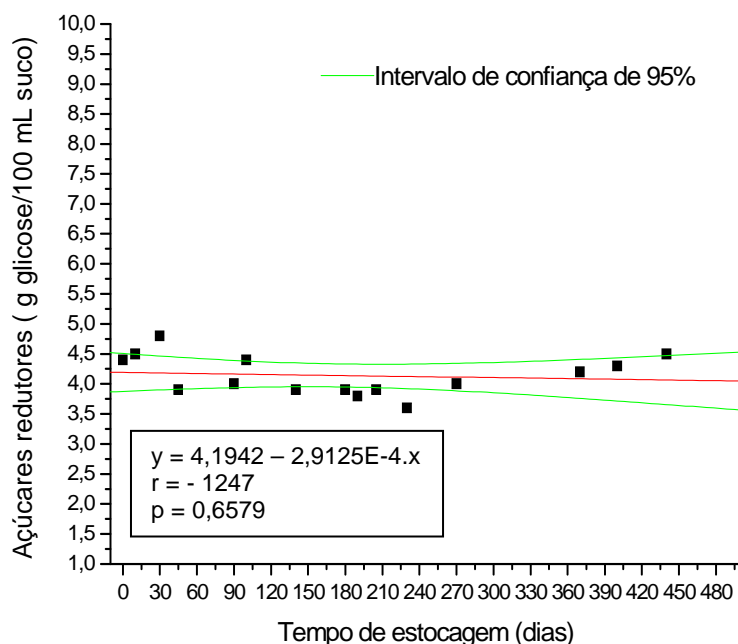


Figura 21. Curva de regressão linear obtida para o teor de açúcares redutores do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

O comportamento do conteúdo de ácido ascórbico durante a estocagem pode ser observado na Figura 22. A variação do teor de ascórbico durante a estocagem foi ajustada usando a curva de decaimento exponencial de 1ª ordem do tipo  $y=y_0 + Ae^{-x/t}$ , que apresenta uma tendência de perda acentuada após 10 dias até 180 dias de estocagem, período após o qual o ácido ascórbico é perdido mais lentamente (Figura 22). O suco de laranja concentrado continha inicialmente 48,3 mg de ácido ascórbico/100 mL, perdendo 11% de ácido ascórbico até os 180 dias de estocagem e 14% do teor inicial de ácido ascórbico durante todo o período de estocagem.

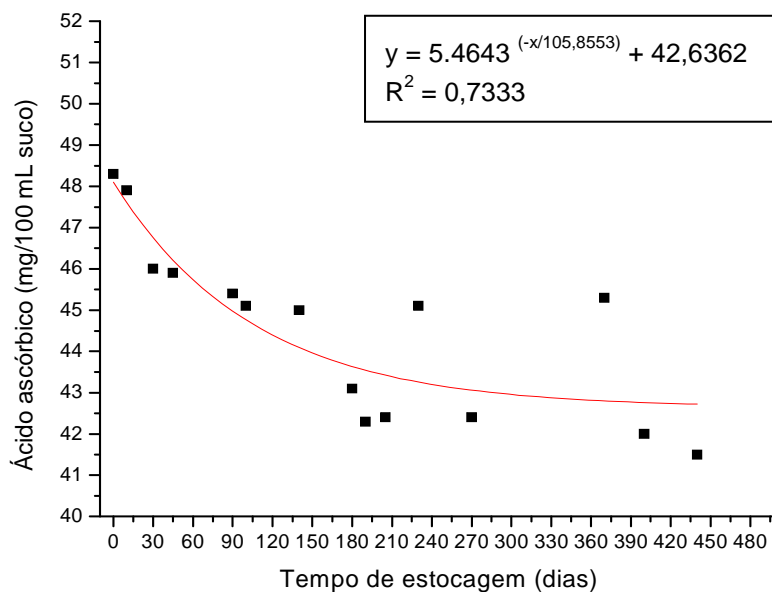


Figura 22. Curva de decaimento obtida para o teor ácido ascórbico do suco de laranja concentrado e congelado durante 440 dias de estocagem.

### 5.2.3. Determinação de furaldeídos totais

A reação entre a *p*-toluidina, o ácido barbitúrico e o hidroximetilfurfural produz um complexo vermelho cuja leitura de absorvância pode ser feita em espectrofotômetro a 550 nm. Esta reação é chamada de reação de Winkler e é usada na determinação de furaldeídos totais. No entanto, esta reação não é específica e por isso, vários furaldeídos podem reagir se presentes, resultando numa coloração similar. Assim, pode-se fazer a determinação de furaldeídos totais, expressando-os como conteúdo de um furaldeído em particular, como por exemplo o hidroximetilfurfural (WINKLER, 1955; ESPINOSA-MANSILLA, 1992). O hidroximetilfurfural é o furaldeído mais comumente relacionado à deterioração da qualidade de sucos de fruta, por provocar mudanças nas características sensoriais e no sabor, além de sua presença também ser atribuída à degradação da vitamina C e de açúcares (MARAULJA et al., 1973; PINO et al., 1987; ESPINOSA-MANSILLA, 1992; KENNEDY, 1992; SOLOMON et al., 1995; ROUSEFF et al., 1998; ROIG, M., 1999; BURDULU et al., 2006).

Neste trabalho a reação de Winkler usada para a determinação de furaldeídos totais foi empregada para quantificar o hidroximetilfurfural, utilizando o



método de adição padrão, em que soluções padrão de hidroximetilfurfural de diferentes concentrações (25,26; 30,31; 40,41 e 50,52 µg/mL) eram adicionadas ao extrato contendo furaldeídos, que era então submetido à reação de Winkler. A adição padrão é particularmente útil na quantificação de amostras complexas pois, neste caso, as interferências sofridas pelos padrões e amostra serão as mesmas (ESPINOSA-MANSILLA et al,1992; TU et al., 1992).

Os resultados obtidos na determinação de furaldeídos totais durante a estocagem do suco de laranja concentrado e congelado estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Conteúdo de hidroximetilfurfural obtido durante a estocagem do suco de laranja concentrado e congelado.

HMF* adicionado (µg/mL)	HMF* obtido (µg/mL extrato)	Recuperação** (%)	Tempo de estocagem (dias)
-	1,55	-	
25,26	25,92	96,49	205
50,52	52,57	101,00	
-	1,16	-	
30,31	29,82	94,54	230
50,52	50,45	97,56	
-	1,22	-	
30,31	30,96	98,15	370
40,41	40,15	96,34	
-	3,03	-	
25,26	25,96	90,78	400
40,41	42,06	96,59	
-	3,02	-	
30,31	31,92	95,35	440
50,52	51,12	95,21	

\* HMF= hidroximetilfurfural

\*\* Recuperação = (quantidade obtida/quantidade adicionada) X 100

Nos tempos zero, 10, 45, 90, 100, 140, 180 e 190 dias de estocagem, não foi detectada a presença de hidroximetilfurfural no extrato contendo furaldeídos. O hidroximetilfurfural formado foi quantificado a partir de 205 dias de estocagem. A

adição das soluções padrão de hidroximetilfurfural apresentou boa recuperação, entre 91 e 101%, indicando que o método de adição padrão empregado para a quantificação foi adequado (Tabela 6). Resultados de recuperação semelhantes foram obtidos por ESPINOSA-MANSILLA et al. (1992) e por TU et al. (1992). O nível de hidroximetilfurfural obtido variou de 1,2-3,0 µg/mL de extrato durante a estocagem (Tabela 6), o que corresponde a 3,0-7,6 µg/mL de suco de laranja concentrado reconstituído. Estes resultados são inferiores àqueles descritos por ESPINOSA-MANSILLA et al. (1992), TU et al. (1992), ROUSSEF et al. (1998), e BURDULU et al. (2006), que dosaram hidroximetilfurfural em suco de laranja pronto para beber e em suco de laranja concentrado durante a estocagem em temperaturas que variavam entre 20 e 45°C.

O comportamento do conteúdo de hidroximetilfurfural durante a estocagem do suco de laranja concentrado e congelado pode ser observado na Figura 23.

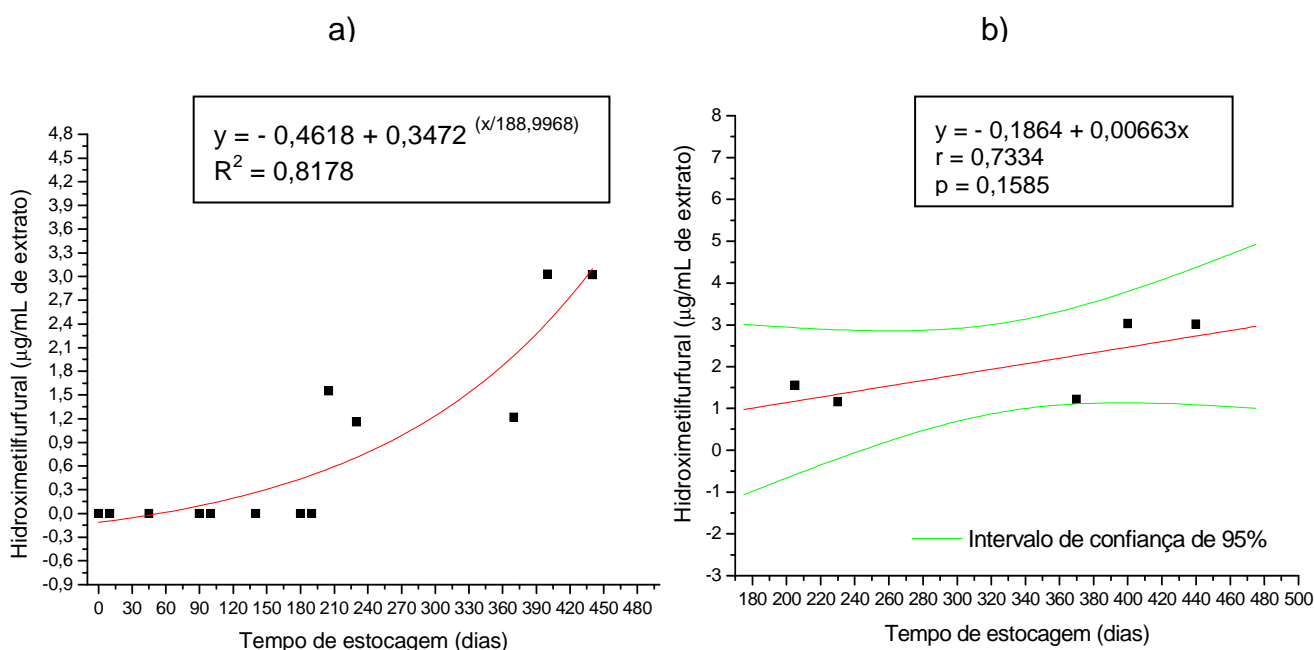


Figura 23. Comportamento do hidroximetilfurfural durante a estocagem do suco de laranja concentrado e congelado. a) Curva de crescimento durante 440 dias de estocagem. b) Curva de regressão linear para os valores obtidos de 205 a 440 dias de estocagem.

A variação do teor de hidroximetilfurfural durante a estocagem foi ajustada usando a curva de crescimento exponencial de 1ª ordem do tipo  $y=y_0 + Ae^{x/t}$ . Os

valores obtidos revelaram uma tendência de aumento do conteúdo de hidroximetilfurfural ao longo do tempo de estocagem (Figura 23a). A Figura 23b mostra a curva de regressão linear obtida entre o conteúdo de hidroximetilfurfural e o período de 205 a 440 dias de estocagem, em que o composto foi quantificado. O coeficiente de correlação obtido ( $r=0,7334$ ) entre o conteúdo de hidroximetilfurfural e o período de 205 a 440 dias de estocagem (Figura 23b), demonstra que houve correlação linear positiva considerada forte, para  $p=0,1585$  (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005).

A perda de ácido ascórbico (Figura 22) e o aumento do conteúdo de hidroximetilfurfural ao longo do tempo (Figura 23), evidenciam que o teor de ácido ascórbico diminui enquanto a concentração de hidroximetilfurfural aumenta com o tempo de estocagem, sugerindo que o hidroximetilfurfural pode estar sendo originado da degradação do ácido ascórbico. É importante ainda destacar que, o hidroximetilfurfural passou a ser detectado e quantificado no mesmo período em que o suco de laranja concentrado e congelado ora avaliado deixou de ser aceito sensorialmente (Tabela 4), corroborando autores que afirmam que a presença de hidroximetilfurfural influencia a qualidade dos sucos de frutas (MARAULJA et al., 1973; NAGY, 1980; PINO et al., 1987; ESPINOSA-MANSILLA et al., 1992; KENNEDY et al., 1992; SOLOMON et al., 1995; ROUSEFF et al., 1998; ROIG, M., 1999; BURDULU et al., 2006).

#### **5.2.4. Correlações entre atributos sensoriais e parâmetros físico-químicos**

As correlações obtidas entre os atributos sensoriais e os parâmetros físico-químicos estão apresentadas na Tabela 7. Pode-se observar que ocorreu correlação positiva entre todos os atributos sensoriais ao nível de 5% de significância. Entre os atributos cor e aroma foi obtida uma correlação muito forte ( $r=0,9661$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). Entre cor e sabor foi observado correlação positiva considerada muito forte ( $r=0,9411$ ) e entre cor e impressão global, foi obtida correlação positiva forte ( $r=0,7509$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). Entre aroma e sabor ocorreu correlação positiva muito forte ( $r=0,9954$ ) e entre aroma e impressão global a correlação pode ser considerada forte ( $r=0,8517$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). O sabor

Tabela 7. Correlações entre atributos sensoriais e parâmetros físico-químicos

	Cor	Aroma	Sabor	Impressão global	SST <sup>1</sup>	pH	Acidez	ratio	Açúcares totais	Açúcares redutores	Ácido ascórbico	HMF <sup>2,3</sup>
<b>Cor</b>	1	0,9661**	0,9411**	0,7509**	-	-0,1372	0,0000	0,4508	0,5462	0,7888*	0,9856*	-
<b>Aroma</b>	0,9661**	1	0,9954**	0,8517**	-	-0,2817	-0,2000	0,5443	0,6200	0,7131*	0,9603*	-
<b>Sabor</b>	0,9412**	0,9954**	1	0,8795**	-	-0,2859	-0,2583	0,5563	0,6061	0,7027*	0,9429*	-
<b>Impressão global</b>	0,7509**	0,8517**	0,8795**	1	-	-0,3663	-0,4436	0,5240	0,4669	0,5644	0,7984*	-
<b>SST<sup>1</sup></b>	-	-	-	-	1	0,0754	0,4896*	-0,4839*	-0,0820	0,0104	0,0032	0,4914
<b>pH</b>	-0,1372	-0,2817	-0,2859	-0,3663	0,0754	1	0,1655	-0,1221	-0,3735	-0,0188	-0,3112	-
<b>Acidez</b>	0,0000	-0,2000	-0,2583	-0,4436	0,4896*	0,1655	1	-0,9744*	-0,2313	0,2670	-0,3587	0,7680
<b>ratio</b>	0,4508	0,5443	0,5567	0,5240	-0,4839*	-0,1221	-0,9744*	1	0,2712	-0,2000	0,4414*	-0,7807
<b>Açúcares totais</b>	0,5461	0,6200	0,6061	0,4669	-0,0820	-0,3735	-0,2313	0,2712	1	0,4047	0,5454*	-0,6569
<b>Açúcares redutores</b>	0,7888*	0,7131*	0,7027*	0,5644	0,0104	-0,0188	0,2670	-0,2000	0,4047	1	0,2939	0,7777
<b>Ácido ascórbico</b>	0,9856*	0,9603*	0,9429*	0,7984*	0,0032	-0,3112	-0,3587	0,4414*	0,5454*	0,2939	1	-0,8529*
<b>HMF<sup>2,3</sup></b>	-	-	-	-	0,4914	-	0,7680	-0,7807	-0,6569	0,7777	-0,8529*	1

1 Sólidos solúveis totais

2 Hidroximetilfurfural

3 Correlações no período de 205 a 440 dias

\* Valores estatisticamente significativos ao nível de 10% de significância

\*\* Valores estatisticamente significativos ao nível de 5% de significância

- Não houve correlação linear

apresentou correlação positiva forte com a impressão global ( $r=0,8795$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005).

As correlações obtidas entre os parâmetros físico-químicos durante a estocagem, ao nível de 10% de significância, estão apresentadas na Tabela 7. Pode-se observar que ocorreu correlação negativa considerada como muito forte entre o teor de acidez e o valor de *ratio* ( $r=-0,9744$ ) e correlação positiva moderada com o teor de sólidos solúveis totais ( $r=0,4896$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). O *ratio* apresentou correlação negativa considerada moderada com o teor de sólidos solúveis totais ( $r=-0,4839$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). O teor de ácido ascórbico apresentou correlação positiva moderada com o teor de açúcares totais ( $r=0,5454$ ) e com o *ratio* ( $r=0,4414$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005).

O coeficiente de correlação obtido entre o conteúdo hidroximetilfurfural e o teor de ácido ascórbico ( $r=-0,8529$ ) (Tabela 7), indica correlação negativa considerada forte entre estes dois parâmetros físico-químicos, para  $p=0,0662$  (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). BURDULU et al. (2006), obtiveram correlações significativas ( $p<0,05$ ), 0,780-0,967, entre o conteúdo de hidroximetilfurfural e a perda de ácido ascórbico em suco de laranja concentrado durante a estocagem por 8 semanas entre 28-45°C. De acordo com BURDULU et al. (2006), o hidroximetilfurfural formado no suco de laranja concentrado pode ser atribuído principalmente à degradação do ácido ascórbico. A degradação de açúcares também poderia contribuir para o aumento do conteúdo de hidroximetilfurfural, uma vez que a reação ocorre em meio ácido (LEE e NAGY, 1988; IBARZ et al., 1999; BURDULU et al., 2006). A reação de Maillard é, segundo DANIEL e WHISTLER (1985) e BURDULU et al. (2006), outro caminho possível para acúmulo de hidroximetilfurfural, embora seja relatada como o mecanismo que exerce o menor efeito sobre a formação de hidroximetilfurfural. O valor do coeficiente de correlação linear obtido entre o conteúdo de hidroximetilfurfural e o teor de ácido ascórbico ( $r=-0,8579$ ), no período em que o hidroximetilfurfural foi quantificado, confirma a hipótese de que a degradação do ácido ascórbico pode levar à formação de hidroximetilfurfural em suco de laranja.

Também foram obtidas correlações, ao nível de 10% de significância, entre atributos sensoriais e parâmetros físico-químicos (Tabela 7). O teor de açúcares redutores apresentou correlação positiva considerada forte com os atributos

sensoriais cor ( $r=0,7888$ ), aroma ( $r=0,7131$ ) e sabor ( $r=0,7027$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005). O teor de ácido ascórbico apresentou correlações consideradas muito fortes com a cor ( $r=0,9856$ ), o aroma ( $r=0,9603$ ) e o sabor ( $r=0,9429$ ) e correlação considerada forte com a impressão global ( $r=0,7984$ ) (SHIMAKURA e RIBEIRO JUNIOR, 2005).

## *6. Conclusões*

## 6. CONCLUSÕES

O suco de laranja fresco apresentou as maiores notas de aceitação, seguido do suco concentrado e do suco pasteurizado, que diferiu significativamente ( $p < 0,05$ ) do demais, embora todos tenham apresentado aceitação sensorial superior à nota de corte em relação a todos os atributos, no tempo zero de estocagem. A distribuição de frequência das notas de aceitação atribuídas pelos provadores e a atitude de compra corroboram os resultados das médias de aceitação da cor, do aroma, do sabor e da impressão global.

A avaliação sensorial ao longo da estocagem permitiu atribuir o período entre 190 e 205 dias de vida-de-prateleira para o suco de laranja concentrado e congelado.

Houve variação linear da aceitação com o tempo de estocagem em relação a todos os atributos sensoriais avaliados.

Os parâmetros físico-químicos não foram fortemente afetados pelo processamento do suco de laranja, apesar das diferenças significativas obtidas em alguns casos, com exceção do conteúdo de ácido ascórbico. O suco de laranja fresco apresentou o maior teor de ácido ascórbico (66,7 mg/100 mL suco). Perdas de 25,8% e de 27,4% de ácido ascórbico, foram observadas no suco de laranja pasteurizado e no suco de laranja concentrado, respectivamente, em relação ao suco fresco, no tempo zero de estocagem. Todos os sucos avaliados estavam de acordo com as exigências estabelecidas pela legislação Brasileira.

As características físico-químicas não foram parâmetros determinantes da vida útil do suco de laranja concentrado e congelado com exceção do conteúdo de ácido ascórbico. A perda de ácido ascórbico foi acentuada após 10 a 180 dias de estocagem, e gradual acima de 180 a 440 dias de estocagem, representando 11 e 14%, respectivamente, do teor inicial. Os resultados obtidos ao longo do tempo estiveram de acordo com a legislação Brasileira.



O hidroximetilfurfural foi quantificado a partir de 205 dias de estocagem, período em que o suco de laranja concentrado e congelado deixou de ser aceito sensorialmente.

Houve correlação linear muito forte entre os atributos sensoriais cor, aroma e sabor e correlação linear forte entre o atributo impressão global e a cor, o aroma e o sabor.

Correlações lineares moderadas foram obtidas entre o teor de ácido ascórbico e o *ratio* e o teor de açúcares totais; entre o teor de sólidos solúveis totais e a acidez e o *ratio*. Entre a acidez e o *ratio* houve correlação linear muito forte e entre o teor de ácido ascórbico e o conteúdo de hidroximetilfurfural houve correlação forte.

Correlações lineares fortes foram obtidas entre o teor de açúcares redutores e a cor, o aroma e o sabor e entre o teor de ácido ascórbico e a impressão global. Correlações lineares muito fortes foram obtidas entre o teor de ácido ascórbico e os atributos sensoriais cor, aroma e sabor.

## *7. Referências Bibliográficas*

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS. ABECITRUS. São Paulo, 2005. Disponível em:<<http://www.abecitrus.com.br>> Acesso em 5 jun. 2005a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS. ABECITRUS. São Paulo, 2005. Disponível em:<<http://www.abecitrus.com.br>> Acesso em 29 ago. 2005b.

AHMED, AA.; WATROUS, G.H.; HARGROVE, G.L.; DIMICK, P.S. Effects of fluorescent light on flavor and ascorbic acid content in refrigerated orange juice and drinks. **J. Milk Food Tech.**, Indiana, v. 39, n. 5, p. 323-336, 1976.

ALVES, V. F. Engenheiro de Alimentos – Mestre em Ciência dos Alimentos (comunicação pessoal, 7 de novembro de 2005).

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

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM. E18.06.07. Standard guide for the shelf life determination of consumer products by sensory evaluation. Philadelphia, 1993. 11p.

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

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official methods of analysis**, 15<sup>th</sup>. ed. Washington, D. C., 1990. p. 910-928.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, DF, 2005. Disponível em:<[http://extranet.agricultura.gov.br/primeira\\_pagina / index.htm](http://extranet.agricultura.gov.br/primeira_pagina/index.htm)> Acesso em 22 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para suco de fruta. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2000.

BELITZ , H. D.; GROSH, W. **Química de los alimentos**. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 1997. p. 444-446, 912-915.

BENASSI, M. T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. 1990. 159f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990.

BISSETT, O.N.; BERRY, R.E. Ascorbic acid retention in orange juice as related to container type. **J. Food Sci.**, Chicago, v. 40, n. 1, p. 178-180, 1975.

BURDULU, H. S.; KOCA, N.; KARADENIZ, F. Degradation of vitamin C in juices concentrates during storage. **J. Food Eng.**, v. 74 p. 211-216, 2006.

BURGARD, D. R.; KUZNICKI, J. T. **Chemometrics: chemical and sensory data**. Boston: CRC Press, 1990. 196p.

CAMPOS, F. P.; DOSUALDO, G. L.; CRISTIANINI, M. Utilização da tecnologia de alta pressão no processamento de alimentos. **Braz. J. Food Tech.**, v. 6, p. 351-357, 2003.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVANI, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N. **Análises químicas de alimentos**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1990. 121p (Manual Técnico).

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. CEPEA. Piracicaba, 2005. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/citros/cadeia\\_citros.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/indicador/citros/cadeia_citros.pdf)> Acesso em: 17 maio 2005a.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. CEPEA. Piracicaba, 2005. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>> Acesso em: 5 jul. 2005b.

CHEN, C. S.; SHAW, P. E.; PARISH, M. E. Orange and tangerine juice. In: NAGY, S.; CHEN, C. S.; SHAW, P. E. **Fruit juice processing technology**, Flórida: Agscience, 1993, p. 110-165.

COOKE, J. R.; MOXON, R. E. D. The detection and measurement of vitamin C. In: COUNSELL, J. N.; HORNING, D. H. **Vitamin C: ascorbic acid**. London: Applied science, 1981. p.167-169.

CORRÊA NETO, R. S.; FARIA, J. A. F. Fatores que influem na qualidade do suco de laranja. **Ciênc. Tecnol. Alim.**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 153-160, jan./abr. 1999.

DANIEL, J. R.; WHISTLER, R. L. Carbonhydrates. In: O R. FENNEMA (Ed). **Food Chemistry** . New York: Marcel Dekker, 1985. 2.ed.rev. p. 70-137.

DATAMARK. Pesquisa e Consultoria da Indústria de Bens de Consumo. São Paulo. Mrket Intelligence Brazil. Disponível em: <[http://www.datamark.com.br/new/datamark/home\\_p.asp](http://www.datamark.com.br/new/datamark/home_p.asp)> Acesso em: 31 set. 2005.

DE MARCHI, R. **Desenvolvimento de uma bebida a base de maracujá (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg.) com propriedades de reposição hidroeletrólítica**. 2001. 92f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2001.

DE MARCHI, R.; MONTEIRO, M.; CARDELLO, H. M. A. B. Avaliação da vida-de-prateleira de um isotônico natural de maracujá (*Passiflora edulis* Sims. F. *flavicarpa* Deg.). **Braz. J. Food. Technol.**, v. 6, n. 2, p. 291-3000, 2003.

DIETARY REFERENCE INTAKES FOR VITAMIN C, VITAMIN E, SELENIUM, AND CAROTENOIDS. DRI. Washington, D.C: **National Academy Press**, cap. 5, p. 95-185. 2000.

DUTRA DE OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 1998. p. 204-205.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias. São Paulo, 2005. Disponível em: <<http://www.embrapa.com.br>> Acesso em: 23 jun. 2005.

ESPINOSA MANSILLA A.; SALINAS, F., NEVADO, J. J. B. Differential determination of furfural e hidroxymethylfurfural by derivated spectrophotometry. **J. AOAC Int.**, v.75, n.4, p.678-684, 1992.

FRATA, M. T. **Análise descritiva quantitativa e mapa de preferência externo de suco de laranja**. 2003. 100f. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2003.

FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA. FUNDECITRUS. São Paulo., 2005. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br/revista.html>> Acesso em: 12 jul. 2005.

GARDNER, P. T.; WHITE, D. B. M.; GARRY, G. D. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potencial of fruit juices. **Food Chem.**, v. 68, p. 471-474, 2000.

GIULLANDD, J. C.; LEQUEU, B. **As vitaminas: do nutriente aos medicamentos**. p.282, 1995.

GRAUMLICH, T.R.; MARCY, J.E.; ADAMS, J.P. Aseptically packaged orange juice and concentrate: a review of the influence of processing and packaging conditions on quality. **J. Agric. Food Chem.**, Washington, D.C., v. 34, n. 3, p. 402-405, 1986.

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

IBARZ, A.; PAGAN, J.; GARZA, S. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatura. **J. Food Eng.**, v. 39, p. 415-422, 1999.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. INMETRO. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br>> Acesso em: 5 ago. 2005.

JAWAHEER, B.; GOBURDHUN, D.; RUGGOO, A. Effect of processing and storage of guava into jam e juice on the ascorbic acid content. **Plant Foods Hum. Nutr.**, v. 58, p. 1-12, 2003.

KABASAKALIS, V.; SIOPIDOU, D.; MOSHATOU, E. Ascorbic acid content of commercial fruit juice and its rate of loss upon storage. **Food Chem.**, v.70, p.325-328, 2000.

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

KIMBALL, D. A. **Citrus processing: quality control and technology**. New York: AVI Book, 1991. 470p.

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

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

LEE, H. S.; NAGY, S. Relationship of sugar degradation of sugar to detrimental changes in juice quality. **Food Tech.**, v. 42, p. 91-94,97, 1988.

LEITÃO, M. F. F. Microbiologia de sucos, polpas e produtos ácidos. In: SOLER, M. P. et al. **Industrialização de frutas**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. p. 33-52 (Manual Técnico n.8).

LO SCALZO, R.; IANNOCCARI, T.; SUMMA, C.; MORELLI, R. RAPISARDA, P. Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. **Food Chem.**, v. 85, p. 41-47, 2004.

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

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

MARAUJJA, M. D.; BLAIR, J. S.; OLSEN, R. W.; WENZEL, F. W. Furfural as an indicator of flavor deterioration in canned citrus juices. **Florida State Horticultural Society**, Flórida, p. 270-275, 1973.

MENDOZA, M. R.; OLANO; A., VILLAMIEL, M. Determination of hydroxymethylfurfural in comercial jams and in fruits-based infant foods. **Food Chem.**, n.79, p.513-516, 2002.

MINS, M.; WYSOCKI, A.; WELDON, R. **Understanding NFC and RECON orange juice demand**. 2000. Florida: Institute of Food and Agriculture Sciences. Disponível em: <<http://edis.ifas.ufl.edu/FE175>> Acesso em: 12 set. 2005.

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



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

NEVES, E. M.; DAYOUB, M.; DRAGONE, D. S.; NEVES, M. F. Brazilian citrus industry: economic and financial effects, 1996-2000. *Rev. Bras. Frutic.* v. 23, n. 2, p. 432-436, 2001.

NEVES, M. F.; MARINO, M. K. **Estudo da competitividade de cadeias integradas no Brasil: impactos das zonas de livre comércio - cadeia: citros.** 2002. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/sdp/proAcao/forCompetitividade/impZonLivComercio/13citricosCompleto.pdf>> Acesso em: 1 jun. 2005.

NISIDA, A. L. A. C. **Estabilidade de suco de laranja (*Citrus sinensis*) refrigerado, acondicionado em embalagem asséptica.** 2000. 61f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade de Campinas, Campinas, 2000.

ORIGIN<sup>®</sup> Microcal Software, Inc. Version 7.0, 1997.

PIMENTAL G. F. **A estatística moderna na pesquisa agropecuária.** 3 ed. rev. e ampl. Piracicaba: Potafos, 1987. 162p.

PINO, J. A.; RANIVOELISOA, V.; TORRICELLA, R. Influencia de la temperatura de almaceamiento sobre la calidad del zumo de naranja e envasado en frascos de vidrio. *Rev. Agroq. Technol. Alim.*, v. 27, n. 2, p. 261-269, 1987.

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

PORRETTA, S.; SANDEI, L. Determination of 5-(hydroxymethyl)-2-furfural (HMF) in tomato products: proposal of a rapid HPLC method and its comparison with the colorimetric method. **Food Chem.**, v.39, n. 1, p.51-57, 1991.

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

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

ROBINSON, D. S. **Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 1991. p. 352, 447-448.

ROIG, M. G.; BELLO, J. F.; RIVERA, Z. S.; KENNEDY, J. F. Studies on the occurrence of non-enzymatic browning during storage of citrus juice. **Food Res. Int.**, v. 32, p. 609-619, 1999.

ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Ascorbic acid destruction in sweet aqueous model systems. **Leb.-Wiss. U-Tech.**, v. 30, p. 567-572, 1997.

ROMANO, M. A.; FARIAS, J.; ANJOS, C. A. Sistemas assépticos para alimentos em embalagens plásticas. **Bol. SBTCA.**, Campinas, v. 32, n. 2, p. 180-188, set./dez. 1998.

ROUSEFF, R.; GOODNER, K.; NORDBY, H.; NAIM, M. Comparison of HPLC and GC-MS analysis of furans and furanones in citrus juices. In: CYNTHIA, J. M.; MORELLA, M. J. (Eds). **Flavor analysis developments in isolation and characterization**. American Chemical Society, 1998. p. 211-222.

SANCHEZ-MORENO, C.; PLAZA, L.; ANCOS, B.; CANO, M. P. Vitamin C, provitamin A carotenoids, and other carotenoids in high-pressurized orange juice during refrigerated storage. **J. Agric. Food Chem.**, v. 51, p. 647-653, 2003.

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

SECRETARIA DE COMERCIO EXTERIOR. SECEX: Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex/secex/competencia.php>> Acesso em: 13 jul. 2005.

SHAW, P.E.; MOSHONAS, M.G. Ascorbic acid retention in orange juice stored under simulated consumer home conditions. **J. Food Sci.**, Chicago, v. 56, n. 3, p. 867-868, 1991.

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

SHIMAKURA, S. E.; RIBEIRO JUNIOR, P. J. Estatística. Disponível em: <<http://www.est.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/>> Acesso em: 17 abril 2006.

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 229p.

SIZER, C.E.; WAUGH, P.L.; EDSTAM, S.; ACKERMANN, P. Maintaining flavor and nutrient quality of aseptic orange juice. **Food Technol.**, Chicago, v. 42, n. 6, p. 152-159, 1988.

SOLER, M. P. et al. **Industrialização de frutas**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1991. p. 205 (Manual Técnico n.8).

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

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2<sup>nd</sup> ed. London: Academic Press, 1993. 338p.

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

TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Caracterização físico-química e sensorial de suco de laranja processado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 19, 2004, Recife. Anais... Recife: SBCTA, 2004. CD-ROOM.

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

TRIBESS, T. B. **Estudo da cinética de inativação térmica da pectinaesterase em suco de laranja natural minimamente pasteurizado**. 2003. 117f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2 set. 2005. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-25102001-172837/>> Acesso em: 2 set. 2005.

TU, D.; XUE, S.; MENG, C.; ESPINO-MANSILLA, A.; PENA, A. M.; LOPEZ, F. S. Simultaneous determination of 2-furfuraldehyde and 5-(hydroxymethyl)-2-furfuraldehyde by derivative spectrophotometry. J. Agric. Food. Chem., v. 40, p. 1022-1025. 1992.

USDA 1983. United States Department of Agriculture. United States Standards for Grades of Orange Juice, 10 de janeiro de 1983.

VAL, A M.; NEVES, M. F. Coordenação e gestão de marcas em canais de distribuição: o caso da indústria de suco de laranja. Disponível em: <[http://www.abecitrus.com.br/pesq\\_br.html](http://www.abecitrus.com.br/pesq_br.html)> Acesso em: 24 maio 2005.

VALIM, M. F.; MARCELLINI, P. S.; CAVALHEIRO, S.; DE MARCHI, R; SERAFIM, E. Preference mapping to assess consumer's orange juice preference. **Fruit Proc.**, v. 11, n. 3, p. 90-94. 2001.

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

WINKLER, O. Z. **Lebens. Unters. Forsch.** v. 102, p. 161.

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

ZIENA, H. M. S. Quality attributes of Bears Seedless lime (*Citrus latifolia Tan*) juice during storage. **Food Chem.**, v. 71, p. 167-172, 2000.