

**PROCESSAMENTO DE SUCO DE LARANJA PASTEURIZADO EM
GARRAFAS DE POLIETILENO TEREF TALATO (PET)**

Randolpho da Silva Corrêa Neto
Engenheiro Químico

Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
Orientador

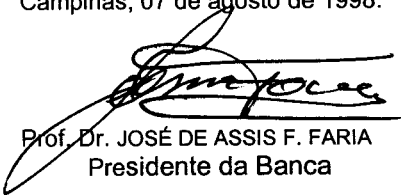
Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de
Campinas para obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos

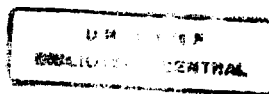
PARECER

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida
por Randolpho da Silva Corrêa
Neto aprovada pela Comissão
Julgadora em 07 de agosto de
1998.

Campinas - SP
1998

Campinas, 07 de agosto de 1998.


Prof. Dr. JOSÉ DE ASSIS F. FARIA
Presidente da Banca



UNCLAS BC
MAY 21 1998
FBI
35406
395198
IX
R \$ 11.00
DATA 09/10/98
N° CPD

CM-00117875-8

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

C817p

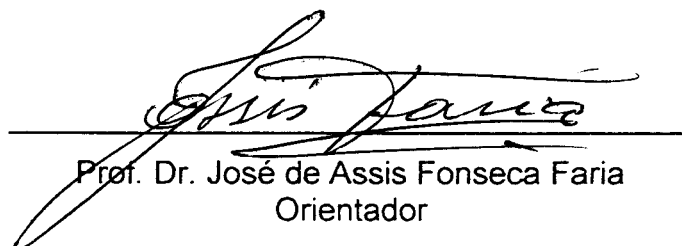
Corrêa Neto, Randolpho da Silva

Processamento de suco de laranja pasteurizado em garrafas de polietileno tereftalato (pet) / Randolpho da Silva Corrêa Neto. – Campinas, SP: [s.n.], 1998.

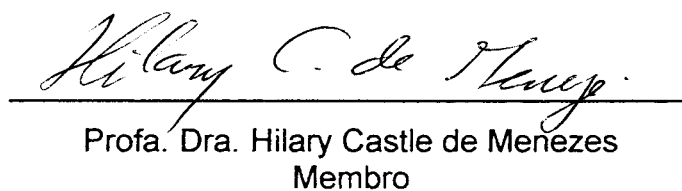
Orientador: José de Assis Fonseca Faria
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Embalagens. 2.Suco de laranja. 3.Suco de frutas.
4.Garrafas plásticas. 5.Processamento. I.Faria, José de Assis
Fonseca. II.Universidade Estadual de Campinas.Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III.Título.

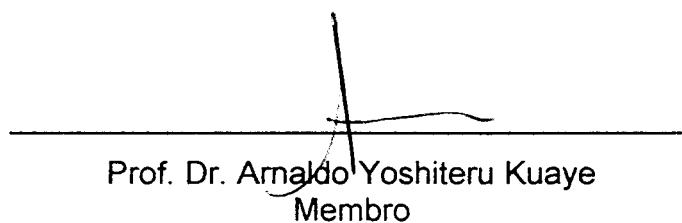
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
Orientador



Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes
Membro



Prof. Dr. Arnaldo Yoshiteru Kuaye
Membro

Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti
Membro

Ao papai Sóstheneis e à mamãe Luiza, criadores, educadores e a tradução da minha personalidade;

À aviadora Mana, minha companheira de mudanças e primeira professora de culinária e economia doméstica;

Ao edificador Jabu, amigo e irmão mais novo;

E à Carla Arcari, mulher da minha vida, na alegria e na tristeza, na saúde e na doença, na riqueza e na vida de estudante, nas brigas e mais brigas e nas análises de suco de laranja, até que a morte nos separe;

DEDICO ESTE TRABALHO,

AMÉM.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria pela amizade, compreensão e orientação deste trabalho
- À Carla Proença Arcari por ser minha namorada, pelo carinho, amizade, pelos lanches e ajuda nas análises do suco de laranja sábados, domingos e feriados
- Ao Luis e à Sandra pela amizade latino-americana e pelas mãos calejadas durante o processamento e fechamento das garrafas de PET
- À Profa. Dra. Walkíria H. Viotto pelo apoio e compreensão na utilização da planta de laticínios
- Aos membros da banca examinadora, pelas sugestões na conclusão deste trabalho
- À FEA por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho
- Às(os) funcionárias(os) dos Laboratórios Geral, Microbiologia, Leite e Derivados e Frutas, Alice, Ana Maria, Nelson, Ana Lourdes, Bernadete, Alaíde, Bete, Aninha, Priscila e também ao Waldeci e Adauto pela colaboração, apoio, amizade, pelas dicas durante as análises e ajuda fundamental no processamento e pasteurização do suco de laranja
- Aos funcionários da secretaria da FEA e do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Margareth, Cosme, Marlene, Marçal e Henrique, pela amizade e apoio
- Aos funcionários da Biblioteca da FEA, Geraldo, Toninho e Zé, pelo apoio nos empréstimos e devoluções dos livros
- À CAPES, pela bolsa de mestrado e apoio que possibilitou a realização deste trabalho
- À FAPESP, pela liberação de recurso financeiro, Auxílio à pesquisa, que permitiu a compra de equipamentos e a realização desta pesquisa
- E à todos os amigos que me apoiaram na elaboração deste trabalho, seja através da amizade sincera acompanhada de uma cervejinha ou pela presença durante às análises sensoriais do suco de laranja

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	iv
RESUMO.....	v
SUMMARY.....	vi
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 - Histórico e Importância do mercado.....	5
2.2 - Definição e Características.....	8
2.3 - Processamento de suco de laranja pasteurizado.....	9
2.4 - Fatores que influem na qualidade do suco de laranja.....	12
2.4.1 - Fatores microbiológicos.....	13
2.4.2 - Fatores enzimáticos.....	14
2.4.3 - Fatores químicos.....	16
Tratamento térmico.....	17
Presença do oxigênio.....	19
Influência da embalagem e da relação tempo/temperatura de estocagem.....	21
Influência da luz.....	24
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1 - Materiais.....	26
3.1.1 - Laranja.....	26
3.1.2 - Embalagem.....	26
3.2 - Métodos.....	26
3.2.1 - Processamento.....	26
3.2.2 - Caracterização do suco de laranja.....	28
Análises microbiológicas.....	28
Análises químicas e físicas.....	30
Análise da atividade de pectinesterase.....	32
Análise sensorial.....	32
3.2.3 - Caracterização das garrafas de PET.....	33
Peso e Capacidade volumétrica.....	33
Dimensões.....	33
Distribuição de espessura.....	34
Integridade do fechamento.....	35
Resistência à carga vertical.....	35
Permeabilidade.....	35
Colapsagem.....	35

3.2.4 - Avaliação da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado	36
3.2.5 - Análise estatística	36
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 - Caracterização do suco de laranja.....	37
4.1.1 - Análises microbiológicas	37
4.1.2 - Análises químicas e físicas	38
4.1.3 - Análise sensorial.....	42
4.2 - Caracterização das garrafas de PET	45
4.2.1 - Peso, capacidade volumétrica e dimensões.....	45
4.2.2 - Distribuição de espessura	45
4.2.3 - Integridade do fechamento.....	46
4.2.4 - Resistência à carga vertical	47
4.2.5 - Permeabilidade	47
4.2.6 - Colapsagem.....	48
4.3 - Avaliação da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado.....	49
4.3.1 - Análises microbiológicas	49
4.3.2 - Análise sensorial.....	54
4.3.3 - Análises químicas e físicas	57
5. CONCLUSÕES.....	70
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. Produção e industrialização de laranja no estado de São Paulo.....	6
TABELA 2. Evolução do consumo brasileiro de suco de laranja	7
TABELA 3. Características químicas e físicas do suco de laranja integral.....	8
TABELA 4. Caracterização microbiológica para os processamentos 1 e 2	37
TABELA 5. Caracterização química e física do suco de laranja para o processamento 1	38
TABELA 6. Caracterização química e física do suco de laranja para o processamento 2	39
TABELA 7. Média e desvio padrão da caracterização química e física do suco de laranja para os processamentos 1 e 2	39
TABELA 8. Médias das notas dos testes de aceitação dos sucos de laranja referentes aos processamentos 1 e 2 para a avaliação geral e quanto ao sabor	43
TABELA 9. Peso, capacidade volumétrica e características dimensionais das garrafas de PET utilizadas no acondicionamento do suco de laranja pasteurizado	45
TABELA 10. Distribuição de espessura da parede das garrafas de PET para o acondicionamento do suco de laranja pasteurizado	46
TABELA 11. Contagens de coliformes totais e fecais para os processamentos 1 e 2	54
TABELA 12. Médias das notas da avaliação hedônica geral e sabor dos sucos de laranja do processamento 1 em função do tempo de armazenamento.....	54
TABELA 13. Médias das notas da avaliação hedônica geral e sabor dos sucos de laranja do processamento 2 em função do tempo de armazenamento.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Destino das exportações brasileiras de suco concentrado de laranja nos períodos 1980/81 e 1994/95	7
FIGURA 2. Fluxograma da produção do suco de laranja pasteurizado.....	10
FIGURA 3. Desenho da garrafa e da rosca de fechamento utilizada no acondicionamento do suco de laranja pasteurizado, indicando as regiões de determinação das características dimensionais e distribuição de espessura.....	34
FIGURA 4. Histograma da avaliação hedônica geral do suco de laranja para os processamentos 1 e 2.....	44
FIGURA 5. Histograma da avaliação quanto ao sabor do suco de laranja para os processamentos 1 e 2.....	44
FIGURA 6. Grau de colapsagem das garrafas de PET em função do tempo de armazenamento do suco de laranja pasteurizado.....	48
FIGURA 7. Evolução das contagens de bolores e leveduras para o suco de laranja do processamento 1 em função do tempo de armazenamento	49
FIGURA 8. Evolução das contagens de bolores e leveduras para o suco de laranja do processamento 2 em função do tempo de armazenamento	50
FIGURA 9. Evolução das contagens de bactérias lácticas para o suco de laranja do processamento 1 em função do tempo de armazenamento	52
FIGURA 10. Evolução das contagens de bactérias lácticas para o suco de laranja do processamento 2 em função do tempo de armazenamento	52
FIGURA 11. Comportamento da densidade relativa dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento	58
FIGURA 12. Comportamento dos sólidos solúveis dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento	59
FIGURA 13. Comportamento da acidez total titulável dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento	60
FIGURA 14. Comportamento do <i>ratio</i> dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento.....	61
FIGURA 15. Comportamento do pH dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento.....	62
FIGURA 16. Comportamento dos sólidos em suspensão dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento.....	63
FIGURA 17. Degradação do ácido ascórbico presente nos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento	64
FIGURA 18. Atividade enzimática da pectinesterase nos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento	66

FIGURA 19. Comportamento do valor L nas avaliações de cor dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento.....	68
FIGURA 20. Comportamento do valor a nas avaliações de cor dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento.....	68
FIGURA 21. Comportamento do valor b nas avaliações de cor dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento.....	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Fichas Sensoriais	82
ANEXO II. Levantamento dos termos citados nas avaliações sensoriais	85
ANEXO III. Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises químicas e físicas para avaliação da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado.....	87

RESUMO

O trabalho teve por objetivo desenvolver um processo de obtenção de suco de laranja pasteurizado acondicionado em garrafa de polietileno tereftalato (PET) e avaliação de sua vida-de-prateleira sob refrigeração a 4°C. Dois lotes de suco de laranja (*Citrus sinensis*) foram pasteurizados, um a 72°C/16s e outro a 91°C/40s e avaliados quanto à densidade relativa a 20°C, sólidos solúveis, acidez total titulável, pH, sólidos em suspensão, ácido ascórbico, atividade da enzima pectinesterase, cor, contagens microbiológicas de bolores e leveduras, bactérias lácticas, coliformes totais e fecais e quanto à qualidade geral e sabor. As embalagens de PET foram caracterizadas quanto ao peso, capacidade volumétrica, dimensões, distribuição de espessura, integridade do fechamento, resistência à carga vertical, permeabilidade ao oxigênio, ao vapor de água e colapsagem. Os tratamentos térmicos foram eficientes na redução da contagem microbiana inicial e na inativação da pectinesterase. Não houve alteração nas características químicas e físicas dos sucos de laranja, exceção para o teor de sólidos em suspensão que diminuiu com os tratamentos térmicos. Nas avaliações hedônicas, geral e sabor, houve uma tendência a preferência pelo produto submetido ao processo mais brando (72°C/16s). A vida-de-prateleira do suco de laranja, para cada tratamento, foi determinada com base nas alterações microbiológicas, tendo sido 17 dias para o suco pasteurizado a 72°C/16s e 19 dias para o suco tratado a 91°C/40s. A densidade relativa a 20°C, sólidos solúveis, acidez total titulável, *ratio*, pH e atividade de pectinesterase não apresentaram variação significativa ($p < 0,05$) em função do tempo de armazenamento do suco de laranja, entretanto, houve um escurecimento nos sucos pasteurizados e uma redução significativa ($p < 0,05$) no teor de ácido ascórbico com o decorrer do tempo de armazenamento a 4°C. Pôde-se concluir que a garrafa de polietileno tereftalato utilizada, constitui uma alternativa viável para o mercado de suco de laranja pasteurizado, viabilizando uma vida-de-prateleira similar a obtida com outros tipos de embalagens já disponíveis, mas que não oferecem a qualidade de apresentação do produto como o PET.

SUMMARY

The purpose of this work was to develop a process to obtain pasteurized orange juice packed in polyethylene terephthalate (PET) bottles, and to evaluate its shelflife at 4°C. For the experiment, two lots of orange juice were pasteurized, one at 72°C/16s and the other at 91°C/40s. After filling the bottles with the pasteurized juice, the following tests: relative density at 20°C, soluble solids, total titratable acidity, pH, solids in suspension, ascorbic acid, activity of pectinesterase, color, molds and yeasts, lactic bacteria, coliforms, as well as general quality and flavor were carried out in order to estimate the shelflife,. The PET bottles were characterized with respect to weight, volumetric capacity, dimensions, distribution of thickness, seal integrity, resistance to vertical load, oxygen and water vapor permeability and colapsability. It was verified that the thermal treatments were efficient in the reduction of the initial microbial load, as well as in the inactivation of the pectinesterase of the juice. There was no alteration in the physical and chemical characteristics of the juice, except for the solids in suspension, which decreased with the thermal treatments. In the hedonic evaluations there was a preference for the product pasteurized at 72°C/16s. The shelflife of the orange juice from both treatments was determined based on the microbiological alterations, being 17 days for the juice pasteurized at 72°C/16s and 19 days for the juice treated at 91°C/40s. The relative density at 20°C, soluble solids, total titratable acidity, *ratio*, pH and pectinesterase did not change significantly ($p<0.05$) during storage, however, there was a browning of the pasteurized juices and a significant change ($p<0.05$) in the content of ascorbic acid during storage at 4°C. Based on the results obtained, it could be concluded that the PET bottle was a viable alternative for the marketing of pasteurized orange juice as compared to other materials, but with better market appeal.

1 - INTRODUÇÃO

No setor agro-industrial, a indústria de sucos de frutas é uma das maiores em todo o mundo. Nesse mercado, o suco de laranja é o produto de maior destaque, seguido pelos sucos de maçã, uva, abacaxi e outros cítricos.

No Brasil, a produção de suco de laranja originou-se e se desenvolveu voltada para o mercado externo, principalmente EUA, Europa e outros países de economia desenvolvida. Grande parte dessa produção destina-se a obtenção do suco em sua forma concentrada congelada. De maneira geral, o consumo doméstico interno de suco de laranja concentrado congelado é baixo em relação ao observado no mercado internacional. Acreditava-se que era devido à disponibilidade de fruta fresca durante o ano inteiro, e assim, o suco produzido era quase todo exportado. No entanto, a indústria de suco sempre deu pouca atenção ao mercado interno e, apesar da existência de fruta fresca ao longo do ano, os consumidores não possuíam o hábito de extrair o suco em suas próprias residências, por motivos de conveniência e praticidade do processo de extração (NISIDA et alii, 1993 e SOUZA, 1997).

A partir do início dos anos 90, o mercado de suco de laranja começou a apresentar mudanças. O surgimento de novas formas de comercialização do produto, a tendência de auto-suficiência e competitividade dos norte-americanos e a implantação de um programa de estabilidade econômica no país, elevando o poder de compra da população, fizeram crescer o consumo deste produto no Brasil. O aumento do interesse pelo suco de laranja também se deve, em parte, pelos novos hábitos modernos em consumir produtos naturais, fazendo com que o consumidor substitua as antigas bebidas industrializadas, como refrigerantes, pelos sucos naturais (ANON, 1996a e PASTORE, 1996).

Uma destas formas de comercialização são os sucos prontos para beber, pasteurizados e comercializados sob refrigeração, um dos segmentos que desperta grande interesse dos fabricantes de sucos, que acreditam ser este um mercado promissor, devido à tendência do consumidor moderno em preferir o alimento refrigerado. Alimentos refrigerados são submetidos a processamentos térmicos mais brandos, fazendo com que suas características organolépticas sejam mais próximas às do “produto fresco”, uma vez

que o mercado brasileiro tem uma alta exigência com relação ao sabor/odor natural dos sucos cítricos e geralmente detecta alterações no suco submetido a processamentos térmicos rigorosos (ALVES & GARCIA, 1993, ANON, 1996b e COELHO, 1996).

Atualmente, os sucos refrigerados prontos para beber, obtidos a partir da fruta fresca, são submetidos a tratamentos térmicos de 90 a 95°C durante 30 a 40 segundos e acondicionados em embalagens cartonadas simples (sem alumínio), tipo *pure pak* (sistema não asséptico), apresentando uma vida útil de 2 a 3 semanas quando armazenados a 4°C (TOCCHINI et alii, 1995).

Existe um outro segmento que são os sucos prontos para beber comercializados à temperatura ambiente, no entanto, este produto apresenta maiores alterações em suas características organolépticas, quando comparadas às dos sucos refrigerados. São obtidos a partir de suco de laranja reconstituído com água e açúcar, com adição de ácido cítrico e ascórbico e acondicionados em embalagens cartonadas com alumínio na estrutura, tipo *Tetra Brik* (sistema asséptico), os quais apresentam uma vida útil em torno de 3 meses (SIZER et alii, 1988).

No mercado dos EUA, dois dos maiores fabricantes estão comercializando suco de laranja pasteurizado resfriado em embalagens tipo bombona de formato retangular com alça contendo cerca de 2,8 litros de suco. O formato permite conveniência no uso e estocagem na porta dos refrigeradores. A capacidade foi desenvolvida para ser consumida em uma semana pelas famílias americanas e a vida-de-prateleira é cerca de 60 dias (RICE, 1988).

Uma outra opção introduzida no mercado americano de sucos refrigerados são os frascos de polipropileno, obtidos por processos de injeção e sopro com biorientação (OPP). Em relação aos frascos de polipropileno (PP) convencionais, as embalagens de OPP oferecem como vantagens maior barreira ao oxigênio, melhor resistência mecânica e melhores propriedades ópticas, como brilho e transparência (ALVES & GARCIA, 1993).

Nos últimos anos, surgiu no mercado brasileiro, a utilização de garrafas plásticas produzidas com a resina de polietileno tereftalato, mais comumente conhecida como PET. O mercado de garrafas PET no Brasil vem apresentando acentuado crescimento, desde sua introdução no início de 1989, para aplicação em bebidas carbonatadas. Atualmente, outros segmentos do setor alimentício utilizam com sucesso esta resina, dentre eles, estão

os sucos de frutas em garrafas de 500ml, produzidas pelo processo de *heat set*, que suportam o enchimento à quente (CORRÊA NETO & FARIA, 1997).

O crescimento das garrafas de PET no mercado é justificado em função de várias características desejáveis que apresentam (PAVIANI, 1992, FREIRE & REYES, 1997):

- Baixa permeabilidade em relação a outros materiais, ou seja, boa resistência à difusão dos gases através das paredes da embalagem;
- Inerte, não alteram as propriedades do produto nela contido - não criando perigo ao consumidor e ao meio ambiente;
- Resistência ao impacto, à fadiga e ao estiramento - não rompem por queda quando vazia nem quando cheia;
- Facilmente reciclável - podem ser lavadas e reutilizadas ou convertidas em outros produtos como fibras para tecidos;
- Permitem ser fabricadas em diversos formatos, tamanhos e cores;
- Possibilidade de refechar a garrafa que está sendo utilizada;
- Excelentes propriedades ópticas, transparência e brilho, o que permite uma ótima qualidade de apresentação do produto;
- Baixo peso quando comparada ao vidro;
- Aprovadas pela legislação para contato direto com alimentos.

As garrafas de PET, comumente utilizadas no Brasil, obtidas por processo de injeção e sopro com biorientação, apresentam uma limitação que é a de não suportar o enchimento à quente, pois deformam em temperaturas superiores a 60°C. Os sucos de laranja refrigerados prontos para beber, também não permitem o enchimento à quente, pois ocorrem alterações em suas características de sabor e aroma, sendo rejeitadas pelos consumidores brasileiros. Para atender às exigências da embalagem e do mercado nacional, surge a necessidade de desenvolver um processo de acondicionamento do suco de laranja em garrafa que conserve as características organolépticas e nutricionais e que proporcione condições de comercialização para o produto. Dessa maneira, tendo em vista as características das garrafas de PET e seu consumo crescente no mercado brasileiro, torna-se importante avaliar a possibilidade de aplicar este tipo de embalagem no acondicionamento do suco de laranja pasteurizado refrigerado, que também apresenta um grande potencial no mercado consumidor nacional. A intenção não é substituir as embalagens existentes, mas sim, criar alternativas para o mercado, especialmente no

caso de uma embalagem já consagrada pelos consumidores, devido sua boa apresentação visual e características de marketing.

Portanto, esta pesquisa teve como objetivo principal desenvolver um processo de obtenção de suco de laranja pasteurizado acondicionado em garrafas de PET e armazenado sob refrigeração a 4°C, bem como, a obtenção de parâmetros (tempo e temperatura) de pasteurização do suco de laranja para o sistema, visando a inativação enzimática (pectinesterase) sem comprometer as características organolépticas, físicas e químicas do suco, e sua posterior avaliação da vida-de-prateleira.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Histórico e Importância do mercado

Uma produção comercial significativa de laranja para processamento de suco foi iniciada na Flórida na década de 20. Na década de 30, o valor da vitamina C no suco cítrico ganhou publicidade e a demanda de produtos cítricos aumentou. O desenvolvimento do suco concentrado na década de 40 foi considerado o mais importante passo no crescimento da indústria de processamento da laranja. Desde a primeira comercialização de suco concentrado em 1945-46, estas vendas tiveram um rápido crescimento, excedendo todos os outros produtos cítricos (HASSE, 1987).

Por volta de 1962, devido às constantes geadas na Flórida, região onde se produzia a laranja para industrialização, ocorreram quedas na safra, pela destruição de muitos pomares. Nesta fase, a primeira planta nacional para processar suco concentrado, usando a tecnologia da Flórida, foi construída na cidade de Araraquara - SP, no ano de 1963. Tendo encontrado condições favoráveis, as indústrias de processamento de citrus expandiram rapidamente no Brasil. Nos anos de 1983-94, a produção de laranja industrial no País ultrapassou a dos EUA, tornando-se o país líder na produção de laranja industrial (HASSE, 1987 e ONOFRE, 1995).

A inovação do sistema de transporte e estocagem dos grandes volumes, tanto nos terminais para exportação quanto para a importação, viabilizou o transporte em navios transcontinentais, agilizando a exportação do suco de laranja. Atualmente, o Brasil é responsável por aproximadamente 80% das exportações mundiais de suco concentrado e, juntamente com os EUA, respondem por 90% do volume total produzido no mundo, o que coloca a indústria de produtos cítricos numa posição de destaque na economia nacional e mundial (CANZIANI, 1995).

Praticamente todas as indústrias brasileiras de suco de laranja para exportação estão localizadas no estado de São Paulo, onde se concentra a maior parte da produção de laranjas do País. De acordo com levantamento e projeções realizadas pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA), em agosto de 96 e março de 97, a produção de laranja neste

Estado deve crescer 11% entre 1997 e 2001, conforme descrito na *Tabela 1* (CORDEIRO, 1997a, 1997b e FURTADO, 1996).

TABELA 1. Produção e industrialização de laranja no estado de São Paulo

Ano	Produção	Industrialização
	(milhões de caixas de 40,8kg)	
1990	268,7	210,0
1991	285,0	225,0
1992	300,0	265,0
1993	307,0	240,0
1994	285,0	245,0
1995	322,0	240,0
1996*	352,0	230-240
1997**	370,0	-
1999**	387,0	-
2001**	411,0	-

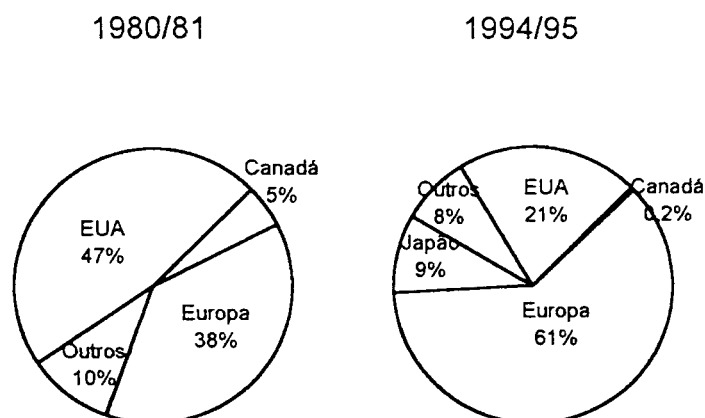
* Previsão safra julho 96/julho 97

** Previsões próximas safras

- Dado não publicado

Fonte: FURTADO, 1996 e CORDEIRO, 1997a, 1997b

Segundo projeções do Departamento de Citrus da Flórida, no período de 10 anos que abrangerá as safras 1994/95 e 2003/04, a produção neste estado norte-americano poderá crescer 30% passando de 259,3 milhões de caixas de 40,8 kg para 335,6 milhões de caixas. A pesquisa também revela que em 1997/98, o mercado norte-americano poderá estar entrando em situação de equilíbrio e auto-suficiência e o excedente tenderia a subir para atingir o patamar previsto em 2003/04, tornando os EUA um forte competidor para o Brasil. Neste horizonte, a produção nacional busca alternativas de novos mercados com potencial de consumo (*Figura 1*), e a expansão do consumo interno do suco de laranja (*Tabela 2*) (FURTADO, 1996).



Fonte: IEA, FURTADO, 1996.

FIGURA 1. Destino das exportações brasileiras de suco concentrado de laranja nos períodos 1980/81 e 1994/95

Diante da situação do mercado norte-americano, da estabilidade econômica do Brasil e dos novos hábitos da população, surgem novas formas de comercialização do suco de laranja: sucos **in natura** refrigerados comercializados por padarias, restaurantes e pequenos envasadores e os sucos **prontos para beber** reconstituídos e integrais (refrigerados ou não) produzidos por grandes empresas e comercializados por supermercados e padarias. Dessa maneira, o consumo interno de suco de laranja por habitante, que era em torno de 0,4 litros por ano, aumentou em 1996 para 16 litros anuais, aproximando-se dos norte americanos com um consumo per capita de 20 litros anuais. O consumo atual no mercado interno brasileiro corresponde a aproximadamente 1/3 da produção no Estado de São Paulo, conforme a *Tabela 2* (PASTORE, 1996 e CORDEIRO, 1996a).

TABELA 2. Evolução do consumo brasileiro de suco de laranja

Ano	Produção SP	Consumo	Consumo
		Interno	Suco “pronto para beber”
(milhões de caixas de 40,8 kg)			
1994	285	65	-
1995	322	95	1,5
1996*	352	105-150	3,8
1997**	370	-	5,9

* Estimativa safra julho 96/julho 97

** Estimativa safra 97/98

- Dado não disponível

Fonte: PASTORE, 1996 e CORDEIRO, 1996a

O primeiro produto pasteurizado foi lançado no mercado nacional embalado em frascos de polietileno de alta densidade (PEAD), a exemplo do suco não-pasteurizado. Entre o final de 93 e início de 94, a Tetra-Pak lançou no mercado um tipo de embalagem não asséptica, a Tetra-Rex, utilizando máquina envasadora importada da Itália, pela própria Tetra-Pak e repassada aos interessados (TOCCHINI et alii, 1995).

2.2 - Definição e Características

Seguindo os Padrões de Identidade e Qualidade estabelecidos pelo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1974), o suco de laranja é caracterizado conforme descrito.

Por definição, o suco de laranja é um líquido límpido ou turvo, extraído do fruto da laranjeira (*Citrus sinensis*), através de processo tecnológico adequado, não fermentado, de cor, aroma e sabor característicos, submetido a tratamento que assegura a sua apresentação e comercialização até o momento do consumo. Tal designação é para o suco apresentado na sua concentração e composição natural.

As características gerais do produto incluem: deverá ser preparado com frutas frescas, maduras, sãs, desprovidas de terra, sujidades, parasitos e microrganismos que possam tornar o suco impróprio para o consumo humano, bem como, apresentar as características organolépticas da laranja. As características químicas e físicas do suco de laranja deverão obedecer os limites especificados na *Tabela 3*.

TABELA 3. Características químicas e físicas do suco de laranja integral

Parâmetros	Limites		Unidades
	mínimo	máximo	
Densidade relativa a 20/20°C.....	1,042	—	
Sólidos solúveis, a 20°C.....	10,5	—	°Brix
Relação sólidos solúveis em °Brix/acidez	9,0	20,0	g/% de ácido cítrico
Sólidos em suspensão.....	—	7,0	% (v/v)
Álcool etílico.....	—	0,5	graus GL
Açúcares totais, naturais da laranja.....	—	13,0	g/100ml
Ácido ascórbico.....	38,0	—	mg/100ml
Óleo essencial.....	—	0,03	% (v/v)

Fonte: MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1974)

Segundo TOCCHINI (1997), a Coordenação de Inspeção Vegetal do Ministério da Agricultura e Abastecimento, resolveu dispensar, temporariamente, a exigência relacionada a °Brix mínimo, para suco resfriado não-pasteurizado e resolveu adotar o valor mínimo de 27 mg/100ml para o ácido ascórbico e o máximo de 10% em volume para sólidos em suspensão, no produto pasteurizado. Esta decisão surgiu, em virtude do crescimento do mercado interno de suco de laranja pronto para beber e de muitos fabricantes que verificaram que seus produtos não atendiam aos Padrões de Identidade e Qualidade previstos na Portaria 371/74, por razões envolvendo problemas de entressafra (°Brix), condições de comercialização (ácido ascórbico) e de preferência do consumidor (sólidos em suspensão).

As características microbiológicas, conforme consulta ao laboratório de análises microbiológicas do Ministério da Agricultura em São Paulo, devem seguir os padrões aprovados na Portaria n. 451/97 do MINISTÉRIO DA SAÚDE (1997) para os sucos e refrescos *in natura*:

- Salmonelas: ausência em 25 ml
- Bactérias do grupo coliforme de origem fecal: NMP, máximo, 10/ml
- Bolores e leveduras: máximo, 10^4 /ml.

2.3 - Processamento de suco de laranja pasteurizado

O processamento de suco de laranja pasteurizado não se encontra descrito em literatura de maneira clara, existem apenas processos para obtenção do suco em pesquisas específicas (SADLER et alii, 1992 e SHOMER et alii, 1994). O que está descrito a seguir é o processamento do suco de laranja concentrado, sem as etapas de centrifugação e evaporação e alterações nas etapas de pasteurização, refrigeração, enchimento e armazenamento, obtidas a partir de consulta direta com pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, Campinas, SP.

O fluxograma da produção do suco pasteurizado está apresentado na *Figura 2*. As etapas que envolvem o processo são basicamente as seguintes (YOKOYA & CANHOS, 1976, ONOFRE, 1995 e TOCCHINI et alii, 1995):

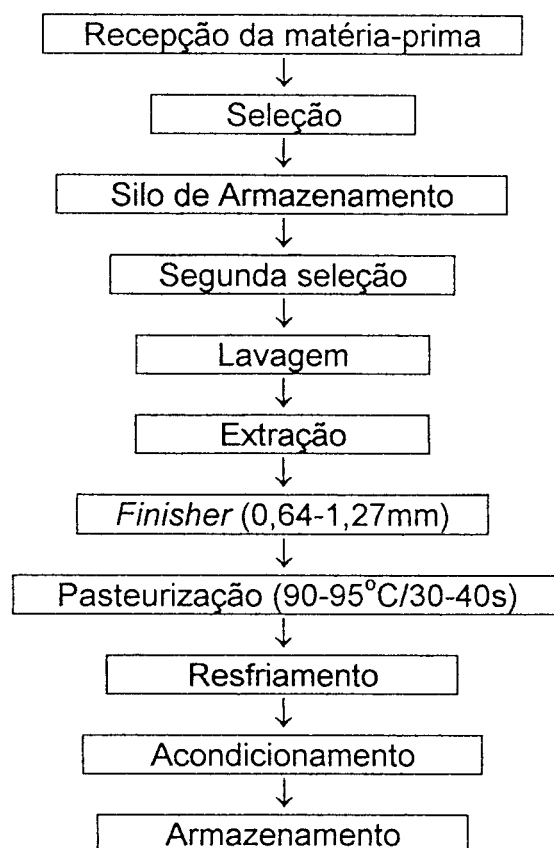


FIGURA 2. Fluxograma da produção do suco de laranja pasteurizado

Recepção

As laranjas chegam às indústrias em caminhões à granel e são destinadas aos silos de recepção dotados de esteiras para transportá-las aos silos de estocagem. Nesta etapa ocorre uma pré-seleção, onde os frutos danificados são eliminados do processo.

Seleção

A seleção é realizada através de inspeção visual, enquanto as frutas são levadas a uma esteira rolante e armazenadas em silos por 6 a 24 horas. É nesta etapa que se realiza a amostragem do lote para se determinar a relação de porcentagem de sólidos solúveis (°Brix) pela porcentagem de acidez, °Brix/acidez, denominada *ratio*, indicando o grau de maturidade das frutas a serem processadas e estabelecer as condições do processamento.

Lavagem

As frutas são enviadas por esteiras onde sofrem limpeza por aspersores que contém água e cloro (20 a 200 ppm de cloro livre), o que diminui a contaminação microbiológica do suco. A seguir, vão para o classificador, os quais são rolos giratórios separados por uma distância estabelecida. Isto faz com que as laranjas sejam direcionadas para extratoras reguladas, proporcionando maior rendimento na extração.

Extração

Esta é a principal etapa do processo, pois é onde ocorre a separação de três produtos: suco, bagaço e óleo essencial. Se a extratora estiver mal regulada, haverá perda no rendimento de suco e de óleo essencial. Além do que, o óleo pode ser incorporado ao suco provocando sabor amargo. No Brasil, grande parte das extratoras usadas são as da FMC, as quais são formadas por copos que se interpenetram, comprimindo a laranja inteira.

Em estudos não publicados, realizados no Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, Campinas, SP, verificou-se que a extração do suco a partir da matéria-prima já refrigerada a 4°C pode melhorar a estabilidade do suco de laranja não-pasteurizado, também armazenado a 4°C, em cerca de 24 horas (TOCCHINI et alii, 1995).

Finisher

Nesta etapa o suco é transportado por uma rosca sem fim, a qual prensa o suco contra uma peneira (0,64-1,27mm), com a finalidade de remover partículas insolúveis. O *finisher* pode diminuir o teor de polpa para 12%.

Pasteurização

Segue-se a etapa do tratamento térmico, onde o suco é aquecido rapidamente por volta de 90 a 95°C durante 30 a 40 segundos. A finalidade principal desta fase é promover a inativação da enzima pectinesterase, responsável pela perda de turbidez, escurecimento e geleificação do produto durante o armazenamento. Esta temperatura de tratamento do suco já é suficiente para eliminar os microrganismos deterioradores presentes. Em sucos,

as leveduras são os principais contaminantes e tratamentos a 85°C por 20 segundos são suficientes (TOCCHINI et alii, 1995).

Refrigeração

A refrigeração ocorre imediatamente após a pasteurização, com a finalidade de reduzir os efeitos de degradação térmica no suco, a qual, em combinação com a pasteurização previne a deterioração microbiológica como um método auxiliar de conservação.

Acondicionamento

O suco resfriado é encaminhado à seção de acondicionamento que se situa em local isolado, limpo e bem iluminado. Ali, o suco é acondicionado em sua embalagem adequada para conter o produto durante o armazenamento

Armazenamento

Alguns autores estudaram suco de laranja pasteurizado e armazenaram o produto a 4 e 10°C (KAANANE et alii, 1988, SADLER et alii, 1992 e SHOMER et alii, 1994). No Brasil, estudos desenvolvidos com o suco refrigerado, prevêm a comercialização do produto, com vida útil curta (2 a 3 dias), armazenado e distribuído na cadeia de refrigeração entre 4 e 8°C (NISIDA et alii, 1993 e TOCCHINI et alii, 1993).

2.4 - Fatores que influem na qualidade do suco de laranja

A qualidade do suco de laranja é influenciada basicamente por fatores microbiológicos, enzimáticos e químicos, que comprometem suas características organolépticas (aroma, sabor, cor, consistência, estabilidade da turbidez, separação de fases sólido/líquido) e nutricionais (vitaminas). Em conjunto, esses fatores e as alterações durante o acondicionamento, distribuição e estocagem irão influenciar a vida-de-prateleira do produto (GRAUMLICH et alii, 1986).

2.4.1 - Fatores microbiológicos

A deterioração de natureza microbiológica do suco de laranja limita-se aos microrganismos tolerantes ao meio ácido, com predomínio de bactérias lácticas, leveduras e fungos. As bactérias produtoras do ácido láctico, como os *Lactobacillus* e *Leuconostoc*, apresentam resistência térmica muito baixa, sendo geralmente destruídas quando submetidas ao tratamento térmico, são microaerófilas e toleram pH baixos. O produto da degradação pelas bactérias é o diacetil, que induz odor forte e sabor desagradável ao suco, produzem também CO₂ e ácido láctico. A degradação por leveduras é a causa mais comum da deterioração dos sucos de frutas, devido à sua elevada tolerância aos ácidos e a particularidade de muitas delas se desenvolverem anaerobicamente e apresentarem maior resistência térmica que as bactérias e a maioria dos fungos. Sua multiplicação é acompanhada de produção de CO₂ e etanol, mas também pode manifestar-se pela formação de películas e floculação que diminui a turvação dos sucos. Podem também produzir acetaldeído, que contribui para o odor fermentado (SALZBERG & PEREIRA, 1985, UBOLDI EIROA, 1989 e TANIWAKI & SILVA, 1996).

Os fungos da microbiota natural das frutas são capazes de desenvolverem-se em um amplo intervalo de pH e de atividade de água, são pouco exigentes em nutrientes, fundamentalmente aeróbios e, em geral, apresentam baixa resistência térmica, de forma que em produtos pasteurizados, sua presença é facilmente evitada. A deterioração por estes microrganismos se manifesta pela produção de CO₂ e conseqüente estufamento da embalagem. Em sucos processados e preservados por tratamentos térmicos, a presença desses microrganismos não é tolerada. Quando ocorrem fungos viáveis nesse tipo de produto, o fato deve-se geralmente à subprocessamento ou à recontaminação. Porém, existem alguns fungos termorresistentes, como os do gênero *Byssochlamys*, que podem vir a deteriorar o produto (LEITÃO, 1973, YOKOYA & CANHOS, 1976 e UBOLDI EIROA, 1989).

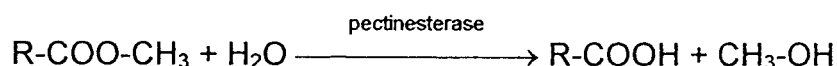
As temperaturas em torno de 90°C, normalmente empregadas no tratamento térmico para a preservação do suco, podem não ser suficientes para inativar fungos termorresistentes. Temperaturas mais elevadas afetam as características físico-químicas dos sucos e, portanto, o controle da deterioração por fungos termorresistentes baseia-se fundamentalmente na adoção de práticas higiênico-sanitárias adequadas, visando diminuir

a possibilidade de contaminação das matérias-primas (UBOLDI EIROA, 1989 e SCHIMIDT, 1995).

TOCCHINI et alii (1995) afirmam que a vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado refrigerado segundo uma tecnologia que se baseia na inativação enzimática, seguida de imediato resfriamento até a temperatura em que o produto é armazenado, é encerrada quando a contagem de mesófilos totais alcança níveis próximos a 10^4 UFC (Unidades Formadoras de Colônias) por mililitro de produto, quando embalagens de polietileno de alta densidade (PEAD) ou do tipo Tetra-Rex são utilizadas.

2.4.2 - Fatores enzimáticos

O suco de laranja possui em sua composição enzimas, principalmente a pectinesterase, que acelera a hidrólise das ligações éster-metílicas na molécula de pectina formando ácido péctico e metanol (ZANGELMI, 1964):



A enzima, às vezes citada como pectina metil esterase (PME), apresenta o máximo de atividade por volta de pH 7,0 a 7,5, isso é motivo de grande atenção no processamento de frutas cítricas, porque acredita-se ser uma das principais causas da instabilidade conhecida como perda de opacidade e geleificação no suco não-pasteurizado ou em concentrados congelados. Supõe-se que a pectinesterase age sobre substâncias pécticas em suco de laranja formando complexos insolúveis que se precipitam em virtude da acidez e conteúdo de cátions. Se o conteúdo original de pectina for relativamente baixo, os ácidos pectínicos precipitam, carregando consigo outras matérias coloidais suspensas, responsáveis pela turbidez em suco de laranja. Se o conteúdo de pectina original for elevado, haverá a formação de um gel semi-rígido no suco ou no concentrado (TOCCHINI et alii, 1995).

A turbidez que os sucos cítricos apresentam é uma propriedade importante para sua aceitação por parte do consumidor. Essa turbidez é uma mistura de partículas em suspensão contendo lipídios, proteínas, pectina, celulose e hemicelulose, que resultaram da ruptura das células da laranja durante a extração (KLAVONS et alii, 1994). A pectina é normalmente referida como o ingrediente que naturalmente estabiliza a turbidez dos sucos

cítricos, pois, agindo como um emulsificante, ajuda a manter a suspensão, proporcionando a turbidez (AMSTALDEN, 1992). Os fragmentos macroscópicos, contendo também a pectina, são considerados polpa. Essa polpa e a turbidez estão correlacionadas e contribuem para a viscosidade do suco de laranja. De modo que, uma quebra nas partículas da polpa ou uma desestabilização da turbidez, provocam uma redução na viscosidade do suco, como relatado por alguns autores (VITALI & RAO, 1984, CRANDALL et alii, 1986, KIMBALL, 1991, ONOFRE, 1995).

Sem um tratamento estabilizante, essa turbidez é perdida, resultando em um sistema de duas fases, com uma clarificação da parte superior do produto e a formação de um precipitado na parte inferior. A estabilização da turbidez requer que a sequência de eventos que resultam na precipitação do material em suspensão seja interrompida. O uso do calor é o método mais comumente utilizado, entretanto, um tratamento térmico adequado é requerido para inativar a pectinesterase sem conferir ao suco um sabor de queimado e não perder o sabor natural. (AMSTALDEN, 1992).

ROUSE & ATKINS (1952) estudando a inativação enzimática da pectinesterase em sucos de laranja, cultivar Valência, observaram que o teor de polpa tinha influência na inativação das enzimas presentes, sendo que um suco com 5% de polpa suspensa necessitava menos tempo de retenção do que aquele com 10%.

ATKINS & ROUSE (1953) estudaram a inativação da pectinesterase pelo calor em laranjas Valência e *Pineapple*, usando um pasteurizador com tempos de retenção de 12, 6 e 3 segundos. Verificaram que a inativação enzimática ocorria nos sucos com pH 3,6 a temperaturas entre 88 e 96°C. Nos sucos com pH 4,1 foram necessárias temperaturas de 93,5 a 99°C.

EARGMAN & ROUSE (1976) estudando a inativação da pectinesterase em sucos de laranja, concluíram que para sucos de laranja da cultivar Valência, é necessário uma temperatura de 90°C durante 60 segundos. Recomendaram, para a prática comercial, que as condições necessárias à pasteurização do suco da cultivar Valência, fossem usadas para todas as variedades de laranja.

Em artigo publicado por VERSTEEG et alii (1980), múltiplas formas de pectinesterase existem em frutas cítricas. Em laranjas da variedade Navel, três formas de pectinesterase, responsáveis por 95% da atividade enzimática, apresentavam resistências

térmicas diferentes. Para esses autores, as pectinesterases denominadas I e II (isoenzimas) e uma pectinesterase de alto peso molecular são inativadas a temperaturas de 70°, 60° e 90°C, respectivamente. Todas as três enzimas foram inativadas mais rapidamente no suco concentrado do que no suco natural.

De acordo com KIMBALL (1991), um tratamento térmico a uma temperatura, no mínimo, de 91°C durante 40 segundos, é suficiente para a inativação enzimática do suco de laranja.

AMSTALDEN (1992) desenvolveu uma série de estudos, publicados em sua tese de mestrado, sobre a ação de pectinesterase em suco de laranja, preparados de variedades Pêra e Valência, muito utilizadas pela indústria de sucos cítricos no Brasil. Um desses estudos foi o efeito do tratamento térmico na inativação enzimática a 60, 70, 80 e 90°C. Na variedade Pêra, não foi encontrada atividade enzimática residual após 2 minutos a 90°C. Na variedade Valência, ainda existiu atividade residual após 2 minutos a 90°C. Esse estudo mostrou também, a existência de duas frações enzimáticas, uma mais termossensível e outra mais termorresistente. A atividade enzimática no suco foi maior nas frutas verdes (relação Brix/acidez baixa), diminuindo com sua maturação.

2.4.3 - Fatores químicos

Os fatores químicos que influem na qualidade do suco de laranja normalmente são de natureza oxidativa. A oxidação ocorre com a vitamina C (ácido ascórbico) e com os compostos responsáveis pelo aroma e sabor do suco, alterando sensivelmente as características sensoriais e nutricionais do produto. Essas reações oxidativas dependem das condições de processo utilizadas (tratamento térmico), da presença do oxigênio, da embalagem utilizada, da relação tempo/temperatura de estocagem, além da influência da luz (GRAUMLICH et alii, 1986, TOCCHINI, 1985 e ALVES & GARCIA, 1993).

Na literatura nacional e internacional existem diversos estudos que avaliam esses parâmetros, porém, tais estudos geralmente se referem a produtos concentrados (BISSET & BERRY, 1975, JOHNSON & TOLEDO, 1975, GASQUE et alii, 1981, KANNER et alii, 1982, MARCY et alii, 1984, TOCCHINI, 1985, MARCY et alii, 1989, RASSIS & SAGUY, 1995), reconstituídos a partir de concentrados (TRAMMELL et alii, 1986, KACEM et alii, 1987a, MANNHEIM et alii, 1987, KENNEDY et alii, 1992, SOLOMONS et alii, 1995), ou

ainda, de sucos frescos, não-pasteurizados com vida-de-prateleira muito curta, cerca de 48 horas (FELLERS, 1988, DECIO & GHERARDI, 1992, NISIDA et alii, 1993, TOCCHINI et alii, 1993). Poucos trabalhos se referem a sucos de laranja pasteurizados, obtidos a partir da fruta fresca.

Tratamento térmico

MANNHEIM & HAVKIN (1981) comparando a vida útil do suco de laranja pasteurizado por processo HTST (alta temperatura e curto tempo) e envasado assepticamente, com o suco submetido ao enchimento a quente (*hot filling*), concluíram que o processo HTST causou menor degradação do ácido ascórbico e escurecimento, além de melhor sabor, do que o envase a quente. No entanto, diferenças de qualidade deixam de existir em função do tempo de estocagem quando submetidos à mesma temperatura. A temperatura de armazenamento foi o fator limitante na vida útil do produto. Os sucos armazenados a temperaturas menores (4°C) apresentaram menor perda do ácido ascórbico e escurecimento não-enzimático em relação aos que foram armazenados a 15 e 25°C.

No processo HTST, uma fina camada do produto é submetida ao tratamento térmico em um trocador de calor. Estas condições não submetem o alimento a um super aquecimento, uma vez que o produto é rapidamente aquecido e resfriado, minimizando as alterações químicas com adequada letalidade aos microrganismos e enzimas (RYLEY & KAJDA, 1994). Podem ser utilizados dois tipos de trocadores de calor: os trocadores de calor a placas e os trocadores de calor tubulares. O trocador de calor a placas consiste de um conjunto de placas de metal corrugadas com aberturas para a passagem de dois fluidos (suco e água aquecida ou vapor), entre os quais ocorrerá a transferência de calor. No outro tipo de trocador, o alimento líquido passa através de um tubo a outro e água aquecida é recirculada através das paredes do tubo (FELLOWS, 1988). O trocador de calor a placas apresenta uma elevada área superficial por unidade de volume, o que representa uma maior eficiência térmica com menor espaço, volume e peso de equipamento. Apresenta, também, uma grande facilidade de manutenção e limpeza, contribuindo para a higiene do processo. Os trocadores tubulares são utilizados com fluidos viscosos e quando se necessita de altas pressões. Também são eficientes com

fluidos que tenham elevado teor de polpa e que iriam provocar problemas de entupimento nos trocadores a placas (LENIGER & BEVERLOO, 1975).

LAFUENTE et alii (1979) avaliaram a estabilidade do suco de laranja com enchimento a frio e a quente em temperaturas entre 0 e 22°C. Os sucos envasados a frio (aspticamente) em garrafas de vidro, apresentaram-se sensorialmente melhores do que os envasados a quente durante as primeiras 4 semanas de estocagem entre 0-2°C. Após este período, a aceitação dos sucos foi similar.

SADLER et alii (1992) compararam as alterações químicas (ácido ascórbico, sacarose, glicose, frutose e diacetil), microbiológicas e enzimáticas em sucos de laranja, cultivar Valência, submetidos a mínimo tratamento térmico (66°C/10s), pasteurização completa (90°C/60s) e sucos sem pasteurização armazenados a 4°C por 50 dias e acondicionados em dois tipos de embalagens, com e sem material barreira ao oxigênio. Concluíram que durante os primeiros 22 dias de estocagem, as alterações microbiológicas, açúcares e diacetil foram similares em ambos os tratamentos, 66°C/10s e 90°C/60s, aumentando rapidamente, após esse período, no suco sem pasteurização. O mínimo tratamento térmico foi suficiente para inativar os microrganismos e a maior parte da enzima pectinesterase (residual de 16%). No entanto, este residual permaneceu ativo e resultou em perda de turbidez do suco. Para o suco sem pasteurização, houve perda de turbidez após 2 dias de estocagem. Não houve alteração significativa no teor de ácido ascórbico desses sucos durante a primeira semana de estocagem, diminuindo após esse período.

SHOMER et alii (1994) avaliaram o efeito do mínimo tratamento térmico (60°C/15s) e a injeção de CO₂ no espaço-livre (*headspace*) da embalagem na vida útil do suco de laranja, cultivares Shamuti e Valência, armazenados a 4 e 10°C em garrafas de vidro (350ml). Foram realizadas avaliações sensoriais e microbiológicas e concluiu-se que a ação do CO₂, presente no espaço-livre da embalagem, em conjunto com o mínimo tratamento térmico, aumentaram a vida útil do suco significativamente, 35 dias a 4°C contra 25 dias a 4°C para o suco fresco com o mesmo nível de CO₂ no espaço-livre da embalagem. Não foram verificadas alterações no sabor deste suco, quando comparados ao suco fresco durante a primeira semana de estocagem.

Presença do oxigênio

O oxigênio também influencia a qualidade e estabilidade dos sucos de frutas e concentrados. Ele pode estar presente dissolvido ou ocluso no suco, no espaço-livre da embalagem (oxigênio residual) ou pode permear através da embalagem (GRAUMLICH et alii, 1986).

A redução (desaeração) da concentração inicial de oxigênio dissolvido no suco de laranja reconstituído, pasteurizado (85°C/7s) e envasado assepticamente foi estudado por TRAMMELL et alii (1986). O suco foi estocado por 5 meses a 22°C e avaliado quanto a perda de ácido ascórbico, escurecimento e características sensoriais. Concluíram que, de acordo com as condições estudadas e baseado na avaliação sensorial, a perda do ácido ascórbico e o escurecimento estão diretamente relacionadas à concentração inicial de oxigênio, entretanto, a desaeração do suco não afetou a qualidade sensorial, nem aumentou a vida útil deste produto.

A importância da desaeração parece ser um fator questionável, segundo GRAUMLICH et alii (1986), e pode ser menos significante para os sucos concentrados. Para estes sucos, os benefícios da desaeração seriam conseguidos na retenção do ácido ascórbico, aroma e sabor durante o processamento, mas teriam pouco efeito na retenção desses fatores durante a estocagem prolongada (1 ano), quando ocorrem principalmente reações anaeróbicas (TOCCHINI, 1985; GRAUMLICH et alii, 1986 e RYLEY & KAJDA, 1994).

A oxidação do ácido ascórbico, além de perdas nutricionais, também produz compostos com radical carbonila que reagem com grupos amino e por polimerização, produzem pigmentos escuros, os quais são responsáveis pelo escurecimento do suco (*browning*). A presença do oxigênio residual no espaço-livre da embalagem é responsável pela rápida degradação inicial da vitamina C (SHAW & MOSHONAS, 1991). Em sucos pasteurizados e armazenados em latas a 30°C, a destruição do ácido ascórbico ocorre rapidamente. Esta destruição oxidativa é verificada durante os primeiros dias do armazenamento, quando o O₂ está presente. Nos dias seguintes, a perda do ácido apresenta uma taxa de 1/10 (um décimo) em relação àquela verificada nos primeiros dias.

KACEM et alii (1987a) avaliaram o efeito da desaeração e estocagem sob condições anaeróbicas (jarras com atmosfera de H_2 e CO_2) e aeróbicas em sucos de laranja reconstituído e acondicionado assepticamente em embalagem Tetra-Brik, armazenado a $24^\circ C$ por 16 semanas. Concluíram que a desaeração resulta em pequeno aumento da retenção do ácido ascórbico, não se verificando alterações significativas nas qualidades sensoriais e escurecimento das amostras. A estocagem anaeróbica aumentou a retenção da vitamina C, mas também não se verificaram alterações significativas nas avaliações sensoriais e escurecimento do suco.

Segundo SIZER et alii (1988), 1mg de oxigênio vai decompor aproximadamente 10 mg de vitamina C. De maneira que, em 1 litro de suco de laranja, submetido às seguintes quantidades de oxigênio:

- 8 ppm de O_2 dissolvido no suco;
- 70 ml de ar no espaço-livre;
- 1 mg/mês de permeabilidade do oxigênio através da embalagem;
- 0,1 ppm de resíduo de H_2O_2 ;

Terá suas perdas de ácido ascórbico por vias oxidativas, em 6 meses de estocagem a $20^\circ C$, assim discriminadas:

- 8 mg vit.C/100 ml do suco devido o O_2 dissolvido;
- 20 mg/100 ml em função do espaço-livre;
- 6 mg/100 ml pela permeabilidade do O_2 através da embalagem;
- 0,05 mg/100 ml devido o resíduo de peróxido de hidrogênio na assepsia da embalagem;
- totalizando cerca de 34-35 mg/100ml de suco.

Apesar do oxigênio acelerar a perda do ácido ascórbico, sob condições anaeróbicas também se verifica a degradação deste composto e ocorrem igualmente reações de escurecimento (GRAUMLICH et alii, 1986). As reações de escurecimento e de natureza oxidativa, envolvendo os diversos constituintes dos sucos cítricos, são muito complexas e exercem efeito catalítico umas sobre as outras (KANNER et alii, 1982).

KENNEDY et alii (1992) mostraram que o ácido ascórbico em suco de laranja reconstituído e embalado em Tetra-Brik era sensível ao nível de oxigênio dissolvido, mas quando o teor de oxigênio dissolvido e o presente no espaço-livre eram consumidos, a

degradação do ácido ascórbico acontecia anaerobicamente e ambos os mecanismos ocorriam simultaneamente.

Influência da embalagem e da relação tempo/temperatura de estocagem

A embalagem influi na qualidade do suco de laranja promovendo um ambiente adequado ao seu armazenamento e manuseio, de maneira a beneficiar a vida-de-prateleira do produto (GRAUMLICH et alii, 1986). Para tanto, faz-se necessário que não só o produto atenda aos padrões da legislação vigente, como também, que o sistema de acondicionamento utilizado seja capaz de preservar a sua qualidade. Assim, a embalagem para suco de laranja deve ser livre de microrganismos deteriorantes que possam se desenvolver nas condições de estocagem e comercialização, não deve apresentar problemas de migração, nem permitir a permeação de odores estranhos que possam alterar suas características organolépticas. Como para qualquer outro produto, deve apresentar formato e resistência mecânica adequados para resistir às solicitações do seu sistema de distribuição (manuseio, movimentação, transporte e estocagem), a fim de se apresentar íntegra ao consumidor final. A embalagem também deve apresentar integridade do fechamento, evitando assim, uma recontaminação microbiológica e problemas de vazamento durante a distribuição e comercialização do produto. Por fim, deve proteger o suco da exposição ao oxigênio, apresentando baixa permeabilidade do gás através do material de embalagem e do sistema de fechamento (ALVES & GARCIA, 1993, GARCIA et alii, 1993 e OLIVEIRA & XAVIER, 1994).

A temperatura de estocagem é considerada o fator mais importante na estabilidade e qualidade dos sucos cítricos (GRAUMLICH et alii, 1986). A temperatura é o fator predominante na degradação do ácido ascórbico por via anaeróbia. Segundo NAGY (1980), a retenção da vitamina C diminui com o aumento do tempo e temperatura de estocagem.

BISSET & BERRY (1975) estudaram a influência da embalagem utilizada e temperatura de estocagem do suco de laranja simples e concentrado na retenção do ácido ascórbico (AA). As embalagens utilizadas para o suco simples foram: frascos de vidro, frascos de polietileno rígidos e poliestireno de alto impacto e as cartonadas. Todas essas embalagens foram empregadas considerando somente sua utilização às temperaturas de 4,4;10; 15,6 e 26,7°C. Concluíram que nas embalagens de vidro houve retenção do AA

muito superior às demais, vindo, a seguir, o polietileno, o poliestireno e cartonada, que apresentaram menor retenção, em função de uma maior permeabilidade ao oxigênio desses materiais em relação ao vidro. Os autores verificaram, ainda, em relação à temperatura de estocagem, que o suco simples em embalagens de vidro apresentava retenção de AA praticamente igual para temperaturas de 4,4 e 10°C, sendo que, para 26,7°C, a retenção era bastante inferior. No entanto, quando comparada com as demais embalagens, a de vidro foi superior, independente das temperaturas de estocagem. Assim, por exemplo, a 10°C após 100 dias, tinha-se 88% de retenção para o vidro, ao passo que o polietileno tinha aproximadamente 30% e as demais menos que 20%.

KACEM et alii (1987b) analisando o escurecimento em bebidas de laranja (concentração de sucos de laranja com ácido ascórbico e aminoácidos) embaladas assepticamente em laminados PET/Alumínio/polipropileno e embalagens de polietileno (PE), armazenadas a 24°C por 20 semanas, concluíram que as embalagens de PE resultam em maiores perdas do ácido ascórbico, em função da alta permeabilidade ao oxigênio (800cc.mil/100in²/dia) e em maior formação de pigmentos escuros, atingindo um máximo (4 semanas) e decaindo posteriormente. Enquanto que aquelas no laminado PET/Al/PP apresentaram um escurecimento lento e constante ao longo das 20 semanas.

MANNHEIM et alii (1987) avaliaram a qualidade de sucos cítricos (*grapefruit* e laranja) reconstituídos, desaerados, pasteurizados (90°C/15s) e resfriados a 35°C, acondicionados em cartões laminados (PE/papel/Al/PE) e recipientes de vidro a três diferentes temperaturas (15, 25 e 35°C) durante 3 semanas. A taxa de escurecimento e degradação do ácido ascórbico foi cerca de 20 % mais alta do que aqueles em vidro. Esta diferença entre as embalagens de cartão e vidro era pequena inicialmente, onde só havia oxigênio dissolvido no suco e no espaço-livre, aumentando com o tempo de prateleira, possivelmente devido ao efeito de permeabilidade da embalagem de cartão ao O₂ e também à interação do material de embalagem (polietileno) com o alimento.

KAANANE et alii (1988) analisaram a perda de qualidade do suco de laranja pasteurizado (92°C/30s), da cultivar Valência, quando armazenado a 4, 22,5, 35 e 45°C em garrafas de vidro (200ml), durante mais de 14 semanas. Os resultados mostraram que os parâmetros pH, sólidos totais, acidez titulável, índice de formol e açúcares totais não sofreram alterações significativas durante a estocagem nas três temperaturas. No entanto, a maior mudança foi observada para o teor de ácido ascórbico, açúcares redutores e

formação de furfural, aumentando com a temperatura e o tempo de estocagem. Segundo os autores, o índice de formol está relacionado ao conteúdo de aminoácidos livres no suco e se relaciona ao escurecimento do produto. O furfural foi empregado como um índice de perda da vitamina C e de qualidade do suco de laranja.

MOTTAR (1989) investigou a utilização de garrafas de polipropileno (PP) coextrusado como uma alternativa de embalagem para o acondicionamento asséptico de suco de laranja. Foram utilizadas dois tipos de garrafas de PP: PP+camada de etileno vinil álcool (EVOH) e PP+EVOH+revestimento anti-UV (ultravioleta). Concluiu que as garrafas de PP oferecem uma alternativa viável ao envase asséptico do suco de laranja. No entanto, em comparação às embalagens de cartão tipo Tetra Brik, apresentam maiores perdas de ácido ascórbico e maior absorção do d-limoneno, apesar de não apresentarem diferença significativa nas avaliações de sabor e aparência do suco. O produto apresentou uma vida-de-prateleira de 3 meses quando acondicionado a 20°C, independente do tipo de estrutura da embalagem.

SADLER et alii (1992), avaliando a influência do tratamento térmico sobre as características microbiológicas, enzimáticas e químicas do suco de laranja, também estudaram o efeito de uma embalagem com um componente barreira ao oxigênio e outra sem esta camada barreira nas características do suco não-pasteurizado, minimamente processado a 66°C/10s e com pasteurização completa 90°C/60s. Concluíram que a embalagem com barreira não beneficia o suco sem pasteurização, no entanto, nos outros dois tratamentos, a embalagem barreira ao oxigênio melhorou a estabilidade microbiológica, a retenção do ácido ascórbico e a estabilidade da turbidez do suco, não afetando os açúcares totais e a atividade enzimática. Observaram também que a barreira ao oxigênio tem um efeito maior na retenção da vitamina C do que os diferentes tratamentos térmicos.

MARTIN et alii (1995) estudaram a estabilidade química e sensorial do suco de laranja pasteurizado, envasado à quente em garrafas transparentes de vidro e acondicionado a 5°C sem luz, 5°C com luz fluorescente (20W), temperatura ambiente sem luz, temperatura ambiente com luz solar e finalmente a 30°C sem luz. Concluíram que alguns parâmetros: teor de polpa, cinzas, sódio, potássio e fósforo, não apresentaram alterações significativas em nenhuma das condições de armazenamento. No entanto, houve uma variação significativa na acidez titulável, pH, ácido ascórbico e hidroximetil

furfural dependendo da temperatura, tempo de estocagem e exposição à luz. Uma perda significativa da qualidade sensorial foi observada após 3 meses para o suco à temperatura ambiente e 2 meses quando a 30°C.

TOCCHINI et alii (1995) fizeram citação sobre ensaios, não publicados e realizados em meados de 1993, com sucos de laranja pasteurizados seguido de imediato resfriamento até a temperatura em que o produto é armazenado. Estes resultados obtidos demonstraram que a estabilidade deste produto é muito dependente da temperatura de estocagem. Contudo, a 4°C, a vida-de-prateleira do suco inativado é cerca de 20 dias, quando embalado em garrafas de PEAD de 1litro, também utilizada para o suco não-pasteurizado.

Influência da luz

Segundo SOLOMONS et alii (1995), o efeito da luz tem sido pouco investigado e as descobertas são contraditórias. AHMED et alii (1976) atribuíram as mudanças sensoriais e perdas do ácido ascórbico em suco de laranja não-pasteurizado refrigerado, exposto a luz fluorescente (40 W) em combinação com o crescimento microbiano e a presença do oxigênio no suco.

Para SATTAR et alii (1989), a luz fluorescente a 540-650 lux, tem um efeito significativo na degradação do ácido ascórbico e na aceitação sensorial de bebidas de laranja, quando armazenadas a temperatura de 25-30°C durante 32 dias. No entanto, segundo MOTTAR (1989), não foi verificada influência da exposição à luz solar e armazenamento a 20°C, no conteúdo de ácido ascórbico, escurecimento não enzimático e nas propriedades organolépticas do suco de laranja asséptico durante 52 dias.

GRANZER (1983) investigou o efeito da luz (3500 lux) na qualidade do suco de laranja quando armazenado a 22°C. Verificou que não houve diferença nas características sensoriais do produto quando comparado ao suco acondicionado em ambiente escuro durante 37 dias de estocagem. As perdas de ácido ascórbico foram 5-6% e 3-4% para o suco sob iluminação e o que estava mantido no escuro, respectivamente.

Em revisão sobre a vida-de-prateleira de alimentos processados assepticamente, FARIA (1993), em abordagem sobre suco de laranja, comentou que a exclusão da luz, do oxigênio, estocagem a baixa temperatura e o uso de embalagens inertes, que evitem a

absorção do sabor (*flavor scalping*), minimizam a formação de sabores estranhos (*off flavors*) que surgem durante a comercialização e estocagem do produto.

Segundo MARTIN et alii (1995), a luz tem um efeito significativo sobre a destruição da vitamina C em suco de laranja pasteurizado e envasado a quente, o que demonstra o efeito catalítico da luz sobre a oxidação aeróbica do ácido ascórbico.

SOLOMONS et alii (1995), investigaram o efeito do oxigênio e da luz fluorescente (2000 lux) na qualidade do suco de laranja reconstituído (11,8 °Brix), pasteurizado (95°C/15s) sem desaeração e transferido assepticamente de embalagens Tetra-Brik (1000ml) para garrafas de vidro (300ml) acondicionadas a 8°C durante 52 dias. Foram avaliados o teor de ácido ascórbico, o escurecimento, ácido dehidroascórbico (DHA - produto da degradação do ácido ascórbico sob condições aeróbicas), furfural e hidroximetil furfural (HMF). O HMF é produzido no suco de laranja a partir de açúcares sob influência da temperatura, durante o processamento do suco e pode causar reações de escurecimento juntamente com aminoácidos. O furfural é produto da decomposição do ácido ascórbico, o qual sofre polimerização como um aldeído ativo e pode se combinar com aminoácidos e contribuir também para o escurecimento do suco. Os autores concluíram que o teor de ácido ascórbico e o escurecimento foram significativamente afetados pelo nível de oxigênio dissolvido no suco e pelo tempo de estocagem. Nenhum efeito significativo da luz foi observado na degradação do ácido ascórbico ou escurecimento do suco sob as condições do estudo. Os valores de HMF e furfural não aumentaram significativamente durante os 52 dias de estocagem a 8°C.

Tais informações sobre a estabilidade dos sucos reforçam o potencial do uso das garrafas de PET, bem como a necessidade desta pesquisa.

3 - MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Materiais

3.1.1 - Laranja

As laranjas (*Citrus sinensis*) processadas para obtenção do suco foram adquiridas da Dutra Cerealista Ltda., São Paulo - SP, em caixas de 20kg, no dia anterior ao processamento. A cultivar utilizada foi a laranja Pêra. Foram utilizadas um total de 30 caixas de laranja para o processamento do suco: 20 para o primeiro processamento e 10 para o segundo.

3.1.2 - Embalagem

Garrafas transparentes de Polietileno Tereftalato (PET), num total de 1250 embalagens, foram adquiridas da Rhodia-Ster Ltda, São Paulo - SP. As garrafas tinham uma capacidade volumétrica nominal de 500 ml e estão sendo desenvolvidas para o envase de sucos de frutas. As tampas destas garrafas são de polipropileno (PP) de cor branca, também adquiridas através da mesma companhia.

3.2 - Métodos

3.2.1 - Processamento

O processamento do suco de laranja foi realizado conforme descrito a seguir, e mantido na repetição do experimento, variando-se apenas a quantidade de laranja processada. Para facilitar a compreensão do estudo e estabelecer uma nomenclatura, foi denominado **processamento 1**, ao primeiro processamento do suco e **processamento 2**, ao segundo processamento, que corresponde a repetição do experimento.

Utilizando-se uma planta piloto para processamento de frutas, foi realizada uma seleção inicial da matéria-prima para eliminar as laranjas estragadas ou podres. Feita a seleção inicial, as laranjas foram lavadas em tanque com água para retirar as sujidades provenientes da colheita e transporte. A seguir, foram deixadas de molho por 10 minutos

em tanque com água contendo 20ppm de cloro ativo, conforme sugerido por KIMBALL (1991). Após a lavagem, foi feita uma nova seleção para eliminar novamente as laranjas estragadas. Todas as laranjas limpas e selecionadas foram encaminhadas para a extratora. Foi utilizada a extratora DeliJuicer, fabricada por InterCitrus AgroIndustrial & Comercial Ltda., Araraquara - SP. Terminada a extração, o suco seguiu para o *finisher* (1,27mm) para reduzir o teor de polpa e foi coletado em baldes plásticos de 20 litros com tampa, para ser transportado à pasteurização. Dos baldes foram retiradas 6 amostras de suco aleatoriamente, com 500 ml cada amostra, para as análises físico-químicas e microbiológicas. Todo o volume de suco obtido foi dividido em dois lotes iguais (**lote 1** e **lote 2**). Enquanto o lote 1 estava sendo processado, o lote 2 ficou armazenado em câmara fria a 4°C por aproximadamente 2 horas, para evitar espera do suco à temperatura ambiente e comprometimento de sua qualidade. Cada lote foi submetido ao seguinte tratamento térmico:

- **lote 1** - temperatura de 72°C durante 16 segundos, utilizado como uma condição de mínimo tratamento térmico de pasteurização do suco de laranja e o;
- **lote 2** - temperatura de 91°C durante 40 segundos, binômio esse utilizado por KIMBALL (1991) como suficiente à inativação enzimática da pectinesterase.

Os tratamentos térmicos foram realizados em trocador de calor de placas, modelo Eurocal-08, fabricado por Cajamar Equipamentos Industriais Ltda, São Paulo - SP. Para tal, foi retirado o filtro tipo camisa que existia antes da entrada do equipamento a fim de evitar problemas de contaminação e de interrupção do fluxo durante o processamento. O produto foi, então, resfriado rapidamente no próprio equipamento a uma temperatura entre 14 e 16°C, condição essa, atingida pelo equipamento nas condições de processo. A seguir, o suco foi armazenado em tanque de aço inoxidável com torneira tipo abre/fecha, para permitir a retirada do produto e acondicionamento nas respectivas embalagens de PET.

Tanto o enchimento quanto o fechamento das garrafas foi realizado de maneira manual. As amostras obtidas foram agrupadas e identificadas com o lote correspondente (L1 para o lote 1 e L2 para o lote 2). Em seguida, foram encaminhadas para o armazenamento à temperatura controlada de 4°C em estufa incubadora tipo BOD, marca Tecnal, Piracicaba - SP.

Terminado o processamento de um lote, deu-se seqüência à pasteurização do lote seguinte (lote 2) que ficou armazenado em câmara fria a 4°C.

Antes e após o processamento do suco, todo o material e equipamento foi pré-lavado com detergente, seguido de enxágüe com água e posterior sanitização com solução clorada contendo 200 ppm de cloro ativo. O trocador de calor de placas foi limpo e sanitizado seguindo o procedimento adotado na planta piloto de laticínios e sugerido pelo CETEC (1985).

3.2.2 - Caracterização do suco de laranja

Com a finalidade de caracterizar o produto após o *finisher* e o acondicionado na embalagem de PET, foram realizadas análises conforme a seguir. Estas determinações também caracterizam o produto envasado para a avaliação de sua vida-de-prateleira.

Foi considerado, para fins de avaliação da vida-de-prateleira, como dia 0, o dia do processamento do suco. Os dias subseqüentes, dia 1, dia 2 e assim sucessivamente, são considerados o tempo de armazenamento do produto.

Análises microbiológicas

Foi realizada uma amostragem de 2 garrafas/lote do suco de laranja. As amostras foram coletadas após o *finisher* e envase do produto (lote 1 e 2) e analisadas no mesmo dia do processamento (dia 0), seguindo o compêndio de métodos para exames microbiológicos de alimentos da APHA (VANDERZANT & SPLITTSTOESSER, 1992), adotados pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (1997). Os resultados são expressos em Unidades Formadoras de Colônias por mililitro de amostra (UFC/ml).

Contagem de bolores e leveduras

Para a contagem de bolores e leveduras utilizou-se o meio ágar batata dextrose (PDA) com cloranfenicol e o método de plaqueamento em superfície, com incubação a 25°C por 5 dias. Como o nível de contaminação esperado nas amostras pasteurizadas estava abaixo de 10 UFC/ml, foi utilizado procedimento para contagens reduzidas, com a seguinte distribuição de inóculo nas placas:

- 5 placas com 0,2 ml - diluição 10^{-1} ;
- 2 placas com 0,1 ml - diluição 10^{-1} ;
- 2 placas com 0,1 ml - diluição 10^{-2}

Para o suco não-pasteurizado, coletado após o *finisher*, foi utilizado o mesmo meio e método de plaqueamento, em duplicata, nas diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} .

Contagem de bactérias lácticas

A contagem de bactérias produtoras de ácido foi realizada com o meio ágar soro de laranja (OSA), semeadura em profundidade e incubação em atmosfera microaerófila a 30°C por 72 horas. Nas amostras pasteurizadas foi utilizada a seguinte distribuição de inóculo nas placas:

- 5 placas com 2 ml - diluição 10^{-1} ;
- 2 placas com 1 ml - diluição 10^{-1} ;
- 2 placas com 1 ml - diluição 10^{-2}

Para o suco não-pasteurizado, coletado após o *finisher*, foi utilizado o mesmo meio e método de plaqueamento, em duplicata, nas diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} .

A atmosfera microaerófila foi obtida acondicionando-se as placas em jarra de anaerobiose e incubando-se na presença de um sistema de geração de atmosfera microaerófila: 5,79g de ácido acético; 7,63g de bicarbonato de sódio e 10 ml de água destilada (SILVA & JUNQUEIRA, 1995).

Contagem de microrganismos do grupo coliformes

A contagem de coliformes foi realizada pelo método do Número Mais Provável (NMP) para coliformes e coliformes de origem fecal. No teste presuntivo utilizou-se o Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST), com incubação a 35°C por 24/48 horas, seguindo o procedimento para contagens reduzidas, nas seguintes diluições:

- 3 porções de 10 ml da diluição 10^{-1} em 3 tubos com 10 ml de LST dupla concentração;
- 3 porções de 1 ml da diluição 10^{-1} em 3 tubos com 10 ml de LST concentração simples;
- 3 porções de 1 ml da diluição 10^{-2} em 3 tubos com 10 ml de LST concentração simples;

Para o suco não-pasteurizado, coletado após o *finisher*, foi utilizado o mesmo meio de cultura na concentração simples, em triplicata, nas diluições 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} .

Nos tubos com presença de gás, após o período de incubação, realizou-se a contagem de coliformes totais em Caldo Verde Brilhante Bile (VB), com incubação a 35°C por 24/48 horas e a contagem de coliformes fecais em Caldo *E. coli*, com incubação a 44,5°C durante 24 horas.

Análises químicas e físicas

Foi feita uma amostragem de 3 garrafas/lote do suco de laranja. As análises foram realizadas no dia seguinte ao processamento do suco (dia 1) e seguiram os métodos oficiais de análise estabelecidos pelo MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1974). Cada garrafa de suco foi analisada conforme a seguir, de maneira que o lote foi analisado com três repetições.

- **Densidade relativa a 20°C** - foi determinada através de picnômetro de 25 ml com termômetro;
- **Sólidos solúveis** - expressos em graus Brix, foram determinados em refratômetro marca ABBE, modelo 32-G110d, fabricado por Carl Zeiss/Jena, com correção da temperatura baseada em valores tabelados que se encontram junto ao equipamento utilizado;

- **Acidez Total Titulável (ATT)** - foi determinada por titulação, sendo o resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico (gramas de ácido cítrico anidro por 100 gramas de amostra) e com o Brix e o valor de ATT calculou-se o índice **ratio**, definido pela relação °Brix/ATT (KIMBALL, 1991).
- **pH** - foi determinado diretamente em potenciômetro digital Micronal com duas casas decimais, sendo a calibração feita com tampões de pH 7,0 e 4,0;
- **Sólidos em suspensão (teor de polpa)** - foi utilizando centrífuga marca Fanem na rotação de 2000 rpm por 10 minutos, utilizando-se tubos cônicos graduados de 50 ml. Os resultados foram expressos em % (v/v);
- **Ácido ascórbico** - foi determinado por titulação com 2,6-diclorofenolindofenol-sódio (DCFI). A solução de ácido oxálico foi preparada com ácido oxálico dihidratado (14g) e pipetados 10 ml de amostra de suco para titulação. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico (aa) por 100 ml de amostra pela fórmula:

$$\frac{\text{mg ácido ascórbico}}{100 \text{ ml amostra}} = \frac{2. m. A. 100}{P. 10}$$

onde: m = massa de ácido ascórbico pesada (~2,5 mg)

A = volume de DCFI para amostra

P = volume de DCFI para padrão

- **Cor** - as avaliações da cor do suco foram realizadas por meio de colorímetro Hunterlab, modelo ColorQuest II, utilizando cubeta de quartzo de 10 mm. O aparelho foi calibrado com iluminante D65 (6900°K), abertura de 10°, equivalente à luz do dia, modo de leitura Transmissão Regular (RTRAN), utilizado para amostras que não são totalmente translúcidas, mas que permitem a passagem da luz, como é o caso do suco de laranja e usando placa de referência branca (C6299 Hunter Color Standard). Os resultados foram expressos no sistema CIELAB, em valores de L (luminosidade), **a** (-a = verde; +a = vermelho) e **b** (-b = azul; +b = amarelo) (HUNTERLAB, 1996).

Análise da atividade de pectinesterase

A atividade de pectinesterase foi determinada seguindo a metodologia descrita por KIMBALL (1991), com a finalidade de verificar a eficiência da pasteurização. As amostras foram as mesmas utilizadas para as análises químicas e físicas de caracterização do suco de laranja (item 3.2.2). Os resultados foram expressos em unidade de pectinesterase (PEu), definida como a atividade correspondente à liberação de 1µmol de grupos carboxila por minuto, determinada por grama de sólidos solúveis (gss). A atividade de pectinesterase é dada pela fórmula:

$$\frac{\text{PEu}}{\text{gss}} \times 10^3 = \frac{\text{ml}_{\text{NaOH}} \cdot N_{\text{NaOH}} \cdot 10^3}{t(\text{min}) \cdot g_{\text{amostra}} \cdot \frac{\text{Brix}}{100}}$$

Análise sensorial

Após as análises microbiológicas, a análise sensorial foi realizada com as amostras pasteurizadas, dois dias após o processamento do suco (dia 2) para o processamento 1 e no dia 3 para o processamento 2. Foi empregado o teste de aceitação, escala hedônica de 9 pontos, com a nota 9 significando gostei muitíssimo e a nota 1, desgostei muitíssimo. O teste de aceitação foi realizado para o atributo sabor e avaliação geral do suco (aparência, aroma e sabor). As fichas da avaliação sensorial estão apresentadas no Anexo I.

Os testes sensoriais foram realizados em bancada com a utilização de luz branca e aplicados a trinta e cinco provadores não treinados, mas consumidores do produto. Foram apresentadas duas amostras aos provadores, correspondendo ao lote 1 e lote 2, servidas em copos plásticos (poliestireno) codificados de 50 ml contendo 40 ml de suco. Todas as amostras foram servidas à mesma temperatura de 4°C, que foi a temperatura de armazenamento do suco, acompanhadas das fichas para avaliação geral e do sabor (DAMÁSIO, 1996).

3.2.3 - Caracterização das garrafas de PET

As garrafas de PET utilizadas para o acondicionamento do suco de laranja foram caracterizadas quanto ao peso, capacidade volumétrica, dimensões, distribuição de espessura, integridade do fechamento, resistência à carga vertical e colapsagem.

As análises de peso, capacidade volumétrica, dimensões e distribuição de espessura foram efetuadas de acordo com as metodologias descritas por PADULA et alii (1989) e XAVIER & ORTIZ (1991). Os ensaios foram feitos em triplicata, de maneira que cada análise utilizou 3 garrafas vazias.

As análises de caracterização da embalagem foram realizadas com a finalidade de identificar a embalagem para estudos futuros e verificar se a mesma atende aos requisitos necessários ao acondicionamento do suco de laranja pasteurizado.

Peso e Capacidade volumétrica

As determinações do peso e capacidade volumétrica das garrafas foram feitas por meio de balança semi-analítica com precisão de 0,01g. O peso foi expresso em gramas (g) e a capacidade volumétrica em mililitros (ml);

Dimensões

A caracterização dimensional compreendeu as seguintes determinações, conforme descritas a seguir e ilustradas na *Figura 3*. Os resultados médios foram expressos em milímetros (mm).

- **Altura total** - distância entre a base e o topo da garrafa;
- **Diâmetro externo do corpo da garrafa** - na parte mais larga da embalagem;
- **Caracterização da rosca de fechamento** - conforme as seguintes medidas:

T e E - média de duas medidas efetuadas no maior e menor eixo da rosca, respectivamente;

H - medida do topo da garrafa até o início do ombro desta;

I - diâmetro interno da boca da garrafa;

S - distância entre o topo da garrafa e o início do fio de rosca.

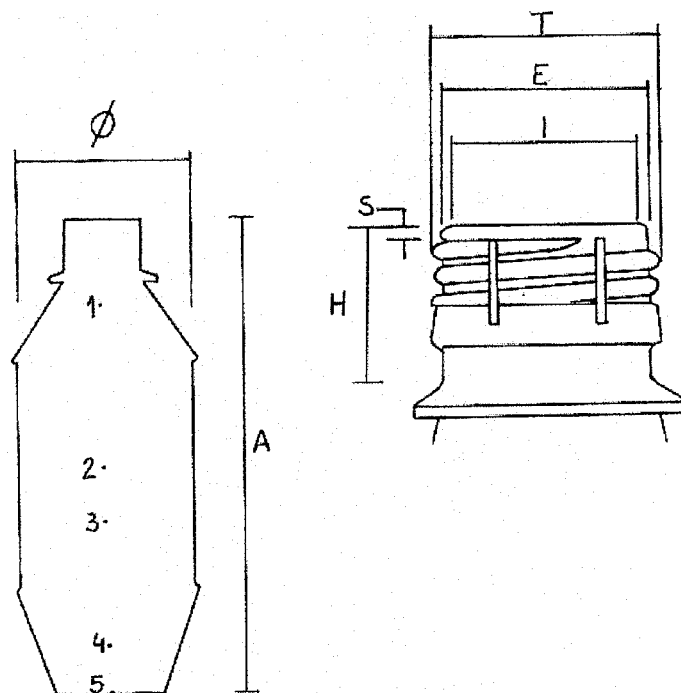


FIGURA 3. Desenho da garrafa e da rosca de fechamento utilizada no acondicionamento do suco de laranja pasteurizado, indicando as regiões de determinação das características dimensionais e distribuição de espessura

Distribuição de espessura

A distribuição de espessura foi avaliada por determinações nas regiões identificadas a partir da base da garrafa em mm e ilustradas na *Figura 3*:

- **Região 1** - próxima ao gargalo - distância em relação a base da garrafa - 160 mm;
- **Região 2** - ao longo da parede da garrafa em dois pontos equidistantes e considerando-se a média dessas duas determinações - a 70 mm e a 90 mm;
- **Região 3** - próxima ao fundo da garrafa - 20 mm;
- **Região 4** - no fundo da garrafa - 0 mm

As medições foram feitas com paquímetro com precisão de 0,01 mm e os resultados expressos em milímetros, contendo a espessura média, desvio padrão, valor máximo e mínimo para cada região.

Integridade do fechamento

A integridade do fechamento (estanqueidade) da garrafa de PET foi avaliada em seis embalagens pelo método estático, no qual, a embalagem tampada com torque de 2,5Nm e cheia com água contendo corante, foi deitada, com a tampa para baixo, sobre uma superfície clara, por um período de 24 horas. Ao final desse período foi verificada a ocorrência de vazamento ou não na embalagem. Esse procedimento é recomendado pela ABNT projeto nº. 23.05.08-002 (1989).

Resistência à carga vertical

A resistência da garrafa à compressão (carga vertical) foi avaliada por meio de metodologia baseada na norma ASTM D2659-67 (1979). Para tal, foi utilizado máquina Universal de Ensaio - Instron, modelo 1086, operando a uma velocidade de 50 mm/min, com célula de compressão de 50 kgf. As embalagens foram comprimidas entre duas placas planas paralelas, na posição vertical e direção paralela à altura da garrafa, onde foi determinada a carga máxima de deformação da embalagem. As análises foram realizadas em 6 embalagens vazias e em 4 outras cheias com o suco de laranja.

Permeabilidade

A garrafa de PET foi avaliada quanto a permeabilidade ao oxigênio e ao vapor de água. A determinação da taxa de permeabilidade ao oxigênio foi feita, em duplicata, com instrumento de transmissão de oxigênio OX TRAN da Modern Company Inc., modelo 2/20 e a metodologia foi baseada na norma ASTM D 3985-81 (1981). A determinação da taxa de permeabilidade ao vapor de água foi realizada, em triplicata, seguindo o método gravimétrico proposto na norma ASTM D 895-79 (1979).

Colapsagem

A colapsagem ocorre em função da diminuição da pressão interna da garrafa em relação à pressão atmosférica local, causando deformações côncavas de aspecto visual indesejável. Em embalagens para sucos de laranja, este problema pode ocorrer devido ao consumo do oxigênio presente no espaço-livre da garrafa e em função da resistência da parede da embalagem. Para quantificar a medida do grau de colapsagem foi utilizada a metodologia desenvolvida por ROMANO & FARIA (1994 e 1995).

3.2.4 - Avaliação da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado

Para avaliação da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado, os lotes 1 e 2 produzidos no processamento 1, foram analisados a cada 3 dias quanto às análises microbiológicas, químicas, físicas e atividade de pectinesterase e a cada 6 dias quanto às análises sensoriais.

Foi verificado que a frequência de análise a cada 3 dias compreendia um intervalo de tempo pequeno, dificultando, em alguns casos, a realização de todas as análises no dia previsto. Plotando-se gráficos dos resultados dessas análises em função do tempo de armazenamento, verificou-se que ampliando o intervalo de tempo entre uma análise e outra, não iria influir na estimativa da vida-de-prateleira do produto. Desta maneira, no processamento 2, os lotes 1 e 2 foram avaliados a cada 6 dias, quanto às análises microbiológicas, químicas, físicas, atividade de pectinesterase e avaliações sensoriais.

As análises, suas respectivas metodologias, repetições e amostragem estão descritas no item 3.2.2.

3.2.5 - Análise estatística

Os dados referentes às análises químicas, físicas, atividade de pectinesterase e análises sensoriais foram tratados através de análise de variância (ANOVA) para determinar a existência ou não de diferença significativa nas avaliações dos sucos pasteurizados (lote 1 e 2) em função do tempo de armazenamento. A mesma metodologia foi utilizada para avaliar se os sucos com tratamento térmico diferiam ou não significativamente da amostra não pasteurizada, coletada após o *finisher*, ou seja, determinar se os tratamentos térmicos possuíam um efeito significativo nas características do suco de laranja. A diferença estatística das médias, a nível de significância de 5% ($p < 0,05$), foi determinada pelo teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas em microcomputador, utilizando-se o programa estatístico SAS, versão 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, NC).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização do suco de laranja

4.1.1 - Análises microbiológicas

As análises microbiológicas de caracterização do suco foram realizadas no mesmo dia em que ocorreram os processamentos, de maneira que seus resultados refletem as condições microbiológicas dos lotes analisados. A *Tabela 4* apresenta os resultados das análises microbiológicas para os sucos obtidos nos processamentos 1 e 2.

TABELA 4. Caracterização microbiológica para os processamentos 1 e 2

Microrganismos	Processamento 1			Processamento 2		
	<i>Finisher</i>	Lote 1	Lote 2	<i>Finisher</i>	Lote 1	Lote 2
Bolores e leveduras (UFC/ml)	$1,2 \cdot 10^6$	< 10	10*	$3,3 \cdot 10^5$	20*	30*
Bactérias lácticas (UFC/ml)	$5,3 \cdot 10^{5*}$	5*	≤ 1	$1,6 \cdot 10^{6*}$	19*	4*
Coliformes totais (NMP/ml)	$\leq 2,4 \cdot 10^3$	< 0,3	< 0,3	$\leq 2,4 \cdot 10^3$	4,3	< 0,3
Coliformes fecais (NMP/ml)	< 3	< 0,3	< 0,3	15	< 0,3	< 0,3

* Valores estimados

Verifica-se que houve uma contaminação inicial elevada no suco não-pasteurizado após o *finisher*. Os tratamentos térmicos reduziram significativamente a contagem inicial desses microrganismos nos lotes 1 e 2, ou seja, ambos os tratamentos térmicos foram eficientes na inativação dos microrganismos analisados.

Comparando os resultados da *Tabela 4* com os padrões microbiológicos estabelecidos pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (1997), verifica-se que os sucos pasteurizados estão de acordo com os padrões legais vigentes e bem abaixo de seu limite, entretanto, o suco fresco, não-pasteurizado está acima dos limites estabelecidos pela legislação para os padrões de bolores e leveduras e coliformes de origem fecal (processamento 2), sendo classificado como "produto impróprio para o consumo", o suco

do processamento 1 e como "produto inaceitável para o consumo direto", o suco do processamento 2.

A contagem elevada de microrganismos no suco não-pasteurizado pode indicar uma baixa eficiência na limpeza e sanitização dos equipamentos e das frutas, como também, uma carga microbiana já agregada ao equipamento, principalmente no *finisher*, pelo seu uso freqüente e processamento de outros produtos que podem apresentar uma flora microbiana diferenciada e mais resistente do que a encontrada no suco de laranja.

No caso de bolores e leveduras, para o plaqueamento em superfície, SILVA & JUNQUEIRA (1995) recomendam contar as placas com 10 a 150 colônias e no caso de bactérias lácticas, os mesmos autores, recomendam contar as placas com 25 a 250 colônias. Quando esse número de colônias estava acima ou abaixo da contagem recomendada e não havia outras diluições maiores ou menores para se proceder a contagem das placas, considerou-se as contagens como valores estimados (*Tabela 4*).

4.1.2 - Análises químicas e físicas

Nas etapas do processamento, após o *finisher* e envase do suco de laranja, foram coletadas amostras para análises de caracterização do produto. As *Tabelas 5, 6 e 7* apresentam os resultados médios e desvio padrão (dp) obtidos para os processamentos 1, 2 e a média entre eles, respectivamente.

TABELA 5. Caracterização química e física do suco de laranja para o processamento 1

Parâmetros		<i>Finisher</i>		Lote 1		Lote 2	
		Média	dp	Média	dp	Média	dp
Densidade relativa a 20°C		1,0408 ^a	0,0003	1,0426 ^b	0,0002	1,0434 ^b	0,0003
Sólidos Solúveis (°Brix)		10,5 ^a	0,2	10,8 ^a	0,0	10,7 ^a	0,1
ATT (% ac. cítrico)		0,35 ^a	0,03	0,36 ^a	0,01	0,35 ^a	0,00
<i>Ratio</i> (°Brix/ATT)		29,6 ^a	2,3	29,9 ^a	0,5	30,2 ^a	0,3
Potencial de Hidrogênio (pH)		4,01 ^a	0,08	3,97 ^a	0,00	4,00 ^a	0,01
Sólidos em Suspensão (%)		10,8 ^a	0,3	5,8 ^b	0,6	8,8 ^c	0,6
Ácido Ascórbico (mg/100ml)		46,26 ^a	0,51	50,07 ^b	0,25	49,06 ^b	0,25
Pectinesterase (PEu.10 ³)		11,66 ^a	0,20	3,04 ^b	0,46	0,62 ^c	0,21
Cor	L	56,13 ^a	3,95	55,05 ^a	0,44	54,42 ^a	0,07
	a	6,87 ^a	2,41	6,85 ^a	0,02	7,13 ^a	0,02
	b	69,80 ^a	6,70	73,35 ^a	0,33	74,07 ^a	0,08

Médias com o mesmo expoente (a, b) não são significativamente diferentes (p<0,05)

TABELA 6. Caracterização química e física do suco de laranja para o processamento 2

Parâmetros	<i>Finisher</i>		Lote 1		Lote 2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Densidade relativa a 20°C	1,0359 ^a	0,0004	1,0352 ^a	0,0009	1,0354 ^a	0,0001
Sólidos Solúveis (°Brix)	9,4 ^a	0,4	9,2 ^a	0,1	9,1 ^a	0,1
ATT (% ac. cítrico)	0,50 ^a	0,02	0,50 ^a	0,00	0,50 ^a	0,01
<i>Ratio</i> (°Brix/ATT)	18,7 ^a	0,3	18,5 ^a	0,2	18,3 ^a	0,3
Potencial de Hidrogênio (pH)	4,26 ^a	0,01	4,28 ^a	0,01	4,27 ^a	0,01
Sólidos em Suspensão (%)	13,0 ^a	0,5	10,7 ^b	0,8	9,7 ^b	1,0
Ácido Ascórbico (mg/100ml)	31,78 ^a	0,29	32,11 ^a	2,93	31,20 ^a	1,97
Pectinesterase (PEu.10 ³)	24,06 ^a	3,71	10,38 ^b	1,32	0,41 ^c	0,11
Cor	L	59,18 ^a	0,83	57,75 ^b	0,19	57,29 ^b
	a	7,07 ^a	0,40	7,53 ^a	0,03	7,45 ^a
	b	63,71 ^a	0,84	65,86 ^b	0,09	66,39 ^b

Médias com o mesmo expoente (a, b) não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA 7. Média e desvio padrão da caracterização química e física do suco de laranja para os processamentos 1 e 2

Parâmetros	<i>Finisher</i>		Lote 1		Lote 2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp
Densidade relativa a 20°C	1,0383 ^a	0,0035	1,0389 ^a	0,0052	1,0394 ^a	0,0057
Sólidos Solúveis (°Brix)	9,9 ^a	0,8	10,0 ^a	1,1	9,9 ^a	1,1
ATT (% ac. cítrico)	0,43 ^a	0,10	0,43 ^a	0,10	0,43 ^a	0,10
<i>Ratio</i> (°Brix/ATT)	24,20 ^a	7,70	24,17 ^a	8,03	24,23 ^a	8,38
Potencial de Hidrogênio (pH)	4,14 ^a	0,18	4,12 ^a	0,22	4,14 ^a	0,20
Sólidos em Suspensão (%)	11,9 ^a	1,6	8,3 ^b	3,4	9,3 ^b	0,6
Ácido Ascórbico (mg/100ml)	39,02 ^a	10,24	41,09 ^a	12,70	40,13 ^a	12,63
Pectinesterase (PEu.10 ³)	17,86 ^a	8,77	6,71 ^b	5,19	0,52 ^c	0,15
Cor	L	57,66 ^a	2,16	56,40 ^a	1,91	55,86 ^a
	a	6,97 ^a	0,14	7,19 ^a	0,48	7,29 ^a
	b	66,76 ^a	4,30	69,61 ^a	5,29	70,23 ^a

Médias com o mesmo expoente (a, b) não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Analisando os resultados do processamento 1 e comparando aos limites estabelecidos nos Padrões de Identidade e Qualidade (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 1974), descritos no item 2.2, verifica-se que a densidade relativa (*finisher*) ficou abaixo da legislação, enquanto que o *ratio* e sólidos em suspensão ficaram acima. Exceção para o teor de polpa do lote 1, igual a 5,8, um valor baixo comparativamente aos outros do *finisher* e do lote 2. KIMBALL (1991) considera que o calor aplicado na pasteurização, em conjunto com a ação das bombas, induzem a uma quebra das partículas da polpa,

resultando em uma diminuição no teor de sólidos em suspensão após o processamento. Além disso, pode ocorrer o acúmulo de polpa em pontos do equipamento, quando se usam trocadores de calor de placas, acarretando problemas de restrição de fluxo, desenvolvimento de microrganismos e cozimento da polpa acumulada (*pulp burning*).

A relação °Brix/acidez foi um valor alto, indicando que a fruta estava bem amadurecida, influenciando possivelmente na aceitação dos provadores quanto ao sabor do suco.

Os teores de ácido ascórbico também foram elevados, ocorrendo um aumento nesses valores com a pasteurização. Estes resultados estão em desacordo com os obtidos por SADLER et alii (1992), que avaliaram as alterações químicas, microbiológicas e enzimáticas durante a estocagem a 4°C do suco de laranja não-pasteurizado e pasteurizado a 66°C/10s e 90°C/60s. No caso do ácido ascórbico, eles concluíram que ambos os tratamentos térmicos não têm influência significativa no conteúdo de ácido ascórbico inicial. Mas não fizeram nenhuma referência a um aumento ou diminuição no teor de vitamina C com a pasteurização. Nenhum outro trabalho ou livro fez referência a esse assunto. Na realidade, este aumento no teor de vitamina C, após a pasteurização, é estranho, já que o ácido ascórbico é sensível à temperatura e era de se esperar que houvesse uma redução ou não houvesse alteração na quantidade de ácido ascórbico presente no suco de laranja com os tratamentos térmicos, conforme as conclusões de SADLER et alii (1992).

O mínimo tratamento térmico (lote 1, 72°C/16s) teve um efeito menor na degradação da vitamina C quando comparado ao tratamento aplicado ao lote 2 (91°C/40s). Neste caso, estes resultados estão de acordo com os obtidos por SADLER et alii (1992).

Comparando os resultados das amostras antes e após a pasteurização, é possível concluir que o tratamento térmico foi eficiente na diminuição da atividade da enzima pectinesterase, sendo maior na pasteurização a 91°C/40s. Verifica-se ainda, uma atividade enzimática residual no lote 2 em torno de 5,3%, provavelmente correspondente à enzima de alto peso molecular, mais termorresistente (VERSTEEG et alii, 1980 e AMSTALDEN, 1992).

Houve também, uma mudança na cor do suco com os tratamentos térmicos. A pasteurização mais rigorosa (91°C/40s), provocou uma redução no valor de *L* e um aumento em *a* e *b*. Isto significa que o suco tornou-se mais escuro, apresentando uma cor amarelo mais acentuada.

No processamento 2, as frutas estavam com um grau de maturidade menor (baixo *ratio*), em relação às frutas do processamento 1, contudo, obedeciam aos padrões estabelecidos na legislação. Os resultados de densidade relativa, sólidos solúveis, sólidos em suspensão e ácido ascórbico não obedeceram aos padrões do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1974). Se observarmos as exigências dispensadas segundo TOCCHINI (1997), os resultados de ácido ascórbico estão aprovados pela legislação (mín 27mg/100ml). Entretanto, para os sólidos em suspensão, em ambos os processamentos, a malha da peneira utilizada, como também, a pressão contra a rosca do *finisher*, não permitiram produzir um suco dentro dos Padrões de Identidade e Qualidade exigidos, que definem um valor máximo de 7,0% de sólidos em suspensão para o suco de laranja, ou 10% pela medida citada por TOCCHINI (1997).

Como no processamento 1, os tratamentos térmicos provocaram uma redução significativa no teor de polpa do suco e um escurecimento em sua cor, para um amarelo mais acentuado.

Em ambos os processamentos, o teor de ácido ascórbico analisado foi maior para o lote 1, submetido a mínimo tratamento térmico, diminuindo o teor de vitamina C no suco, com uma pasteurização mais rigorosa (91°C/40s).

Os tratamentos térmicos foram eficientes quanto à inativação de pectinesterase, apesar da atividade da enzima no suco fresco, não-pasteurizado, ser elevada. De acordo com o que foi citado por AMSTALDEN (1992), a atividade de pectinesterase é maior nas frutas com baixo *ratio*, decrescendo com sua maturação, o que justifica a maior atividade da enzima em relação à analisada no suco do processamento 1. Para o lote 2, a atividade residual da enzima foi baixa e ficou próxima ao resultado obtido no processamento 1.

As análises estatísticas para cada processamento (*Tabelas 5 e 6*) e da média entre eles (*Tabela 7*), permitem evidenciar se existe diferença significativa a nível de 5% de significância ($p < 0,05$) entre os resultados das análises após o *finisher*, lote 1 (72°C/16s) e

lote 2 (91°C/40s). Analisando ambos os processamentos (*Tabela 7*) foi possível concluir que os tratamentos térmicos, 72°C/16s e 91°C/40s, não influem significativamente ($p < 0,05$) nos resultados de sólidos solúveis, acidez total titulável, *ratio*, pH e na cor amarela do suco de laranja, representada pela variação no valor **b** do sistema CIELAB. A redução da atividade da enzima pectinesterase foi significativa em ambos os processamentos, evidenciando a eficiência dos tratamentos térmicos na pasteurização do suco de laranja e inativação da pectinesterase. Para o tratamento a 91°C/40s houve uma atividade enzimática residual média de 37,6%, em comparação com a pasteurização a 72°C/16s, que apresentou uma atividade enzimática residual média de 2,9%, correspondendo, provavelmente, à fração da enzima mais termorresistente.

Os tratamentos térmicos não têm um efeito significativo na destruição do ácido ascórbico inicial (*Tabela 7*), no entanto, quando se aumentaram as condições de pasteurização, temperatura e tempo de retenção (lote 2), houve uma redução na quantidade de vitamina C do suco, esta conclusão coincide com o trabalho publicado por SADLER et alii (1992).

É possível concluir, ainda, que houve uma redução significativa nos sólidos em suspensão do suco com os processamentos térmicos e que ocorreu um escurecimento do produto, apesar de não ser significativo, tornando-se, o suco, com uma cor amarelo mais acentuado em relação a observada no suco fresco, sem pasteurização.

4.1.3 - Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada com as amostras pasteurizadas, com o objetivo de verificar o quanto os 35 provadores gostaram ou desgostaram de cada lote do suco pasteurizado, em relação a uma avaliação geral do produto e quanto ao seu sabor. As análises estatísticas foram realizadas com os lotes 1 e 2 do mesmo processamento, não houve comparação estatística entre lotes de processamentos diferentes, uma vez que foram processados e avaliados em datas e com produtos diferentes.

TABELA 8. Médias das notas dos testes de aceitação dos sucos de laranja referentes aos processamentos 1 e 2 para a avaliação geral e quanto ao sabor

Avaliação	Processamento 1		Processamento 2	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
Geral	7,0 ^a	6,5 ^a	6,8 ^a	6,8 ^a
Sabor	6,7 ^a	5,9 ^b	6,7 ^a	6,6 ^a

Médias com o mesmo expoente (a, b) não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

As médias dos testes de aceitação, apresentadas na *Tabela 8*, mostram que não houve diferença significativa a nível de 5% de significância ($p < 0,05$) na avaliação geral dos sucos pasteurizados a 72°C/16s e 91°C/40s, em ambos processamentos, indicando que os 35 provadores aceitaram os sucos de laranja na mesma intensidade e atribuíram, em média, notas estatisticamente iguais para indicar o quanto gostaram destes sucos. Na avaliação quanto ao sabor, para o processamento 1, o suco com mínimo tratamento térmico (72°C/16s) foi significativamente mais aceito pelos provadores do que o suco pasteurizado a 91°C/40s. No entanto, as médias dessas avaliações ainda foram próximas a dos outros testes sensoriais, indicando que, na média, os provadores gostaram regularmente das amostras do suco de laranja pasteurizado. Não houve diferença significativa na aceitação quanto ao sabor nos sucos do processamento 2.

Em geral, foi possível observar uma tendência para a preferência pelo suco com mínimo tratamento térmico, verificada pelas médias das notas dos testes de aceitação (*Tabela 8*) que foram menores para o suco com pasteurização a 91°C/40s.

A partir dos histogramas apresentados nas *Figuras 4 e 5*, verifica-se que a maioria dos provadores, representados pela frequência no gráfico, gostaram das amostras apresentadas, pois atribuíram notas, na escala hedônica, entre 6 (gostei ligeiramente) e 9 (gostei muitíssimo). Observa-se também que os lotes 2 em ambos processamentos, apresentam uma maior frequência de provadores atribuindo notas baixas na escala desgostei ligeiramente, para as avaliações geral e quanto ao sabor. Pode-se dizer também que os lotes com mínimo tratamento térmico foram avaliados na escala hedônica geral entre gostei regularmente e gostei muitíssimo, enquanto que os lotes tratados a 91°C/40s foram avaliados entre gostei ligeiramente e gostei muito, logo, um pouco abaixo do lote 1.

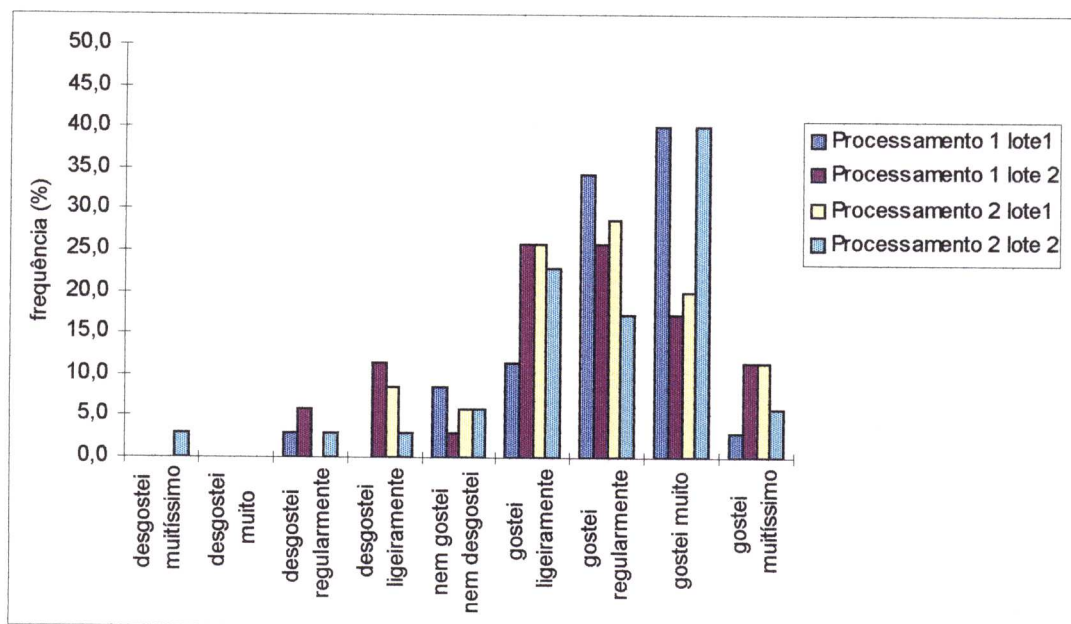


FIGURA 4. Histograma da avaliação hedônica geral do suco de laranja para os processamentos 1 e 2

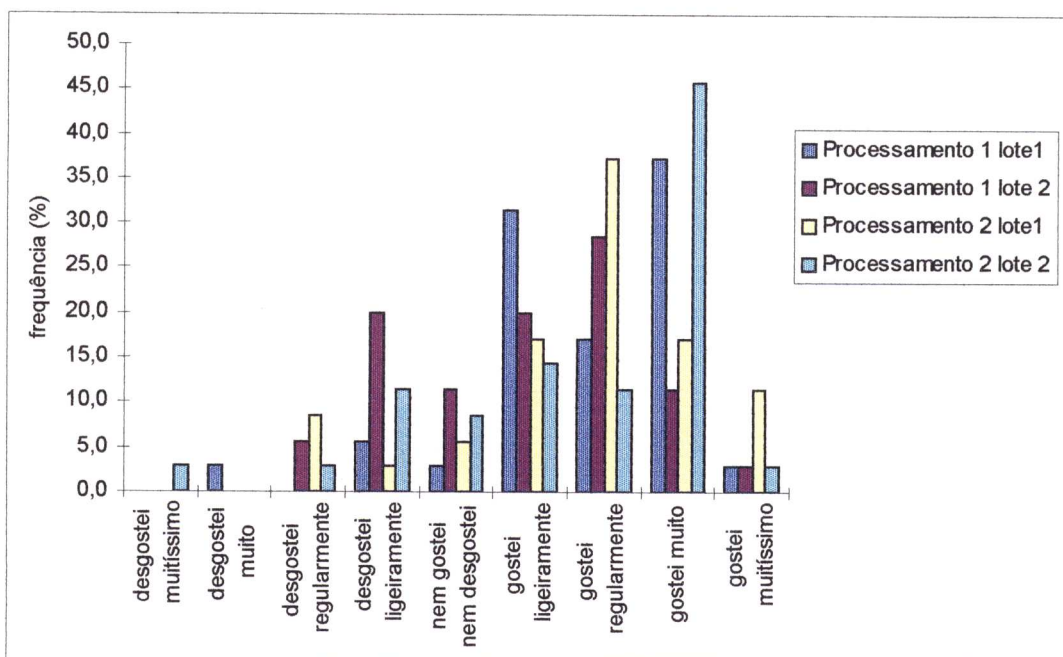


FIGURA 5. Histograma da avaliação quanto ao sabor do suco de laranja para os processamentos 1 e 2

4.2 - Caracterização das garrafas de PET

4.2.1 - Peso, capacidade volumétrica e dimensões

Os resultados de caracterização das garrafas de PET quanto ao peso, capacidade volumétrica e dimensões estão descritos na *Tabela 9*.

TABELA 9. Peso, capacidade volumétrica e características dimensionais das garrafas de PET utilizadas no acondicionamento do suco de laranja pasteurizado

Parâmetros		Média	dp	iv
Peso (g)		28,05	0,30	27,75-28,35
Capacidade volumétrica (ml)		540,64	1,16	539,36-541,60
A (altura total - mm)		189,17	0,76	188,50-190,00
φ ext corpo da garrafa (mm)		70,73	0,16	70,55-70,85
Rosca de fechamento (mm):				
média do maior eixo da rosca	T	27,43	0,07	27,35-27,50
média do menor eixo da rosca	E	24,96	0,05	24,90-25,00
dist. do topo ao ombro da garrafa	H	19,02	0,26	18,80-19,30
diâm. int. da boca da garrafa	I	21,75	0,09	21,65-21,80
dist. do topo ao início do fio da rosca	S	1,68	0,06	1,65-1,75

Pode-se observar que as amostras se apresentaram homogêneas quanto aos parâmetros avaliados, com baixos desvios em torno do valor médio, principalmente na rosca de fechamento que é uma região importante no processamento da embalagem e deve conservar suas características dimensionais, pois se relacionam com a integridade do fechamento da embalagem. Os valores médios foram para 3 embalagens vazias.

4.2.2 - Distribuição de espessura

Na *Tabela 10* estão apresentados os resultados da distribuição de espessura da parede das garrafas de PET. As amostras se apresentaram homogêneas quanto à distribuição de espessura. As regiões 2 e 3 apresentaram a menor espessura de parede da garrafa e constituem as regiões críticas quanto à resistência à pressão interna, carga vertical e manuseio por parte do consumidor. A região 5, correspondente à base da garrafa, foi a de maior espessura de parede.

TABELA 10. Distribuição de espessura da parede das garrafas de PET para o acondicionamento do suco de laranja pasteurizado

Regiões	Distância em relação a base da garrafa	Espessura (mm)		
		Média	dp	iv
1	160	0,61	0,06	0,50-0,65
2	90	0,28	0,04	0,25-0,35
3	70	0,34	0,03	0,30-0,35
4	20	0,63	0,09	0,50-0,75
5	0	1,04	0,04	1,00-1,10

4.2.3 - Integridade do fechamento

Nenhuma das seis garrafas de PET avaliadas quanto à integridade, apresentaram vazamento na região do fechamento (método estático). Com este resultado, constatou-se que existiu integridade da embalagem para o uso em produtos alimentícios, evitando a recontaminação microbiológica do produto após o acondicionamento, durante sua distribuição e comercialização.

A avaliação da estanqueidade da garrafa de PET também poderia ter sido realizada aplicando-se uma compressão com força pré-fixada, através de uma máquina universal de ensaios, tipo *Instron*, até a detecção de vazamento ou por um período de 5 minutos, na embalagem fechada contendo água. A carga aplicada seria quantificada no momento do vazamento. Este método é denominado método dinâmico. No entanto, este procedimento seria utilizado no caso de se desejar avaliar o sistema de fechamento da embalagem num sistema dinâmico, ou seja, nas condições de comercialização, distribuição e estocagem do produto, onde, o mesmo, é acondicionado em caixas empilhadas para o transporte e armazenamento (PADULA et alii, 1989 , GARCIA et alii, 1993 e OLIVEIRA & XAVIER, 1994). No caso deste trabalho, as embalagens contendo suco de laranja foram dispostas em prateleiras sem sofrer empilhamento ou pressão externa, de modo que correlacionando-se com o desempenho exigido da embalagem, justifica-se o emprego do método estático para se avaliar a integridade do fechamento das garrafas de PET.

4.2.4 - Resistência à carga vertical

A resistência à carga vertical é importante para relacionar com a altura máxima de empilhamento. A melhoria desse parâmetro permite economia da área de estocagem em armazéns e centros de distribuição e maior garantia de integridade física e aparência da embalagem, quando da exposição nos pontos de venda. Os resultados de caracterização da garrafas de PET, quanto à resistência à carga vertical (kgf) foram 30,7 e 5,2, respectivamente, para a média e o desvio padrão.

Durante esses ensaios, as regiões da embalagem que colapsaram com a aplicação da carga vertical correspondem às regiões 2 e 3, identificadas no item 4.2.2 como às que apresentaram menor espessura de parede da garrafa.

4.2.5 - Permeabilidade

A taxa de permeabilidade ao oxigênio é uma característica importante dos materiais de embalagem e está relacionada à proteção de produtos sensíveis ao oxigênio, como é o caso do suco de laranja. É definida como a quantidade de oxigênio que passa através da embalagem, por unidade de tempo, sob as condições do teste, sendo expressa em ml/embalagem.dia. A taxa de permeabilidade ao oxigênio da garrafa de PET, medida a 24°C e 42% de umidade relativa, foi 0,23 ml/embalagem.dia.

A taxa de permeabilidade ao vapor de água é utilizada quando se deseja avaliar o desempenho da embalagem e o efeito do sistema de fechamento sobre a propriedade de proteção dessa embalagem. É definida como a quantidade de água que passa para dentro da embalagem, por unidade de tempo, sob as condições do teste, sendo expressa em g/embalagem.dia. A taxa de permeabilidade ao vapor de água da garrafa de PET, medida ao longo de 20 dias, sob condições médias de 21°C e 40% de umidade relativa, foi 0,015 g/embalagem.dia.

4.2.6 - Colapsagem

A colapsagem ocorre devido a diminuição da pressão interna da embalagem que se reflete na diminuição do volume total da garrafa. O grau de colapsagem (GC) foi determinado no processamento 2, com base na redução ou aumento do volume entre as mesmas três garrafas de cada lote com o decorrer do tempo de armazenamento do suco, e em relação ao primeiro volume determinado para cada embalagem.

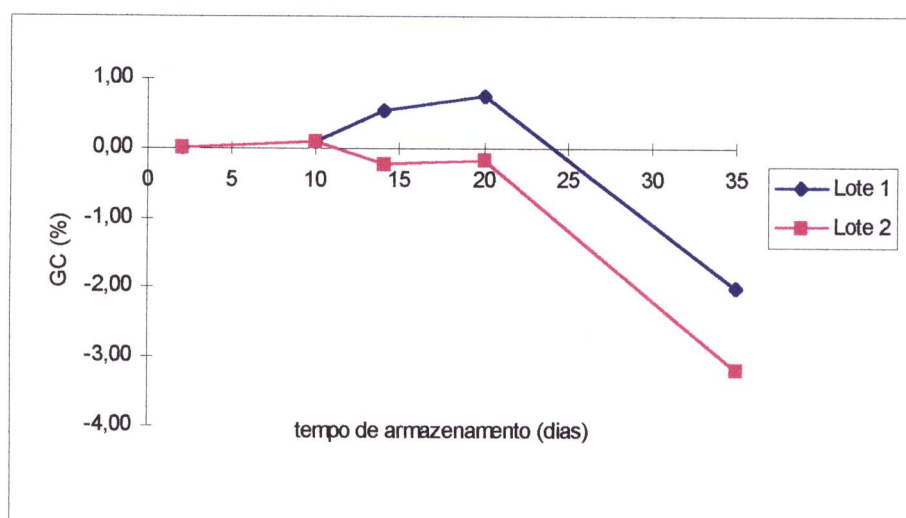


FIGURA 6. Grau de colapsagem das garrafas de PET em função do tempo de armazenamento do suco de laranja pasteurizado

Na *Figura 6* é possível observar que a partir do décimo dia após o enchimento, as embalagens já apresentavam uma colapsagem inicial, tendendo a aumentar até o vigésimo dia e depois diminuindo, ocorrendo o estufamento da garrafa, no caso do lote 1. Para o lote 2, a partir do décimo dia, houve um pequeno estufamento que se manteve até o vigésimo dia, aumentando com o tempo de armazenamento do produto.

A colapsagem da embalagem pode ser atribuída ao consumo do oxigênio presente no espaço-livre da garrafa, o dissolvido no suco e à resistência da parede da embalagem que não foi suficiente para suportar a diferença entre a pressão atmosférica (externa) e a pressão interna que diminuiu (ROMANO & FARIA, 1994 e 1995). Com o aumento no tempo de armazenamento do suco, os microrganismos vão se desenvolvendo e deteriorando o produto. Essa deterioração se manifesta pela produção de ácidos e gases (CO_2), portanto, o estufamento observado nas embalagens pode ser explicado devido ao crescimento dos microrganismos e deterioração do suco de laranja (LEITÃO, 1973).

4.3 - Avaliação da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado

A vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado foi determinada com base em suas análises físico-químicas, microbiológicas e sensoriais, de modo que, quando o produto apresentou-se em desacordo com os padrões legais vigentes (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1997), considerou-se o tempo máximo de armazenamento do produto. As análises químicas e físicas avaliaram o comportamento dessas características dos sucos pasteurizados ao longo do período de avaliação.

4.3.1 - Análises microbiológicas

As análises microbiológicas avaliaram a evolução dos microrganismos estudados em função do tempo de armazenamento dos sucos de laranja pasteurizados (lote 1 e 2). Essas análises foram sempre realizadas antes das análises sensoriais, de modo que os testes de aceitação só ocorreram quando os resultados microbiológicos estavam de acordo com os padrões legais vigentes aprovados pelo MINISTÉRIO DA SAÚDE (1997).

Contagem de bolores e leveduras

As Figuras 7 e 8 mostram a evolução das contagens de bolores e leveduras em meio PDA para os lotes 1 e 2 dos sucos de laranja pasteurizados a 72°C/16s (processamento 1) e a 91°C/40s (processamento 2).

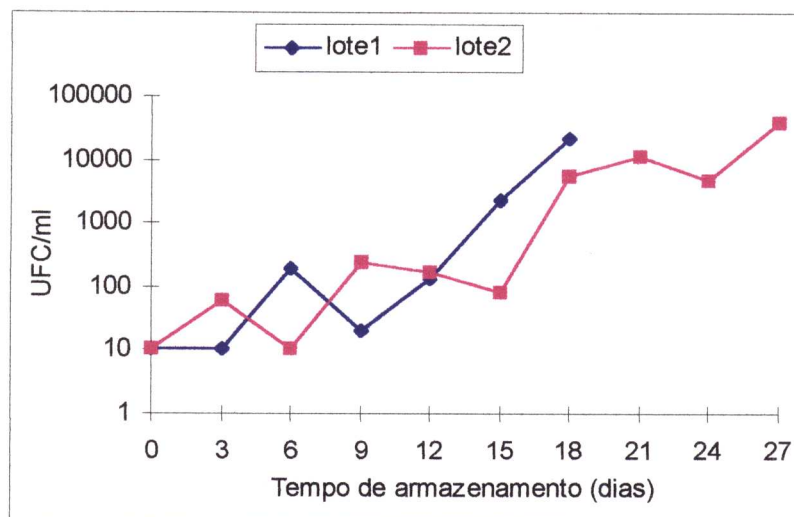


FIGURA 7. Evolução das contagens de bolores e leveduras para o suco de laranja do processamento 1 em função do tempo de armazenamento

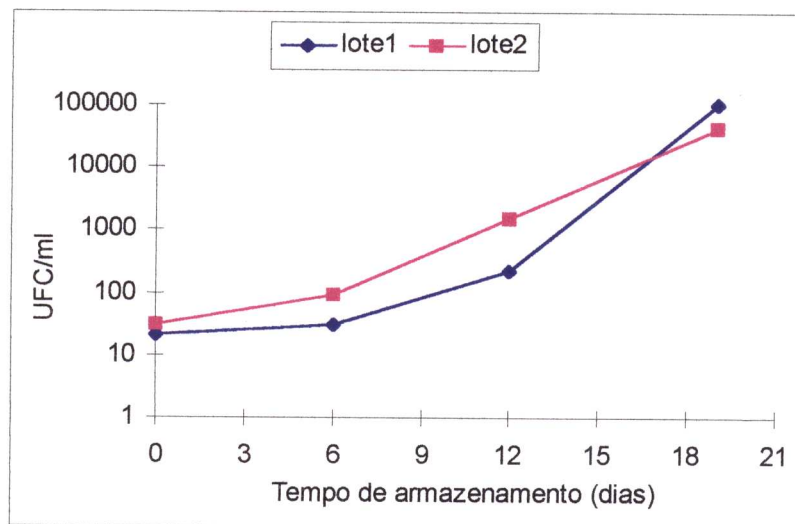


FIGURA 8. Evolução das contagens de bolores e leveduras para o suco de laranja do processamento 2 em função do tempo de armazenamento

Observando-se os gráficos das *Figuras 7 e 8*, verifica-se que os tratamentos térmicos são igualmente eficientes na redução da carga microbiana presente nos sucos. A contagem de bolores e leveduras permaneceu praticamente constante nos primeiros seis dias de estocagem a 4°C, quando a partir daí, o número de microrganismos aumentou, eventualmente ultrapassando os limites estabelecidos pela legislação (10^4 UFC/ml) (item 2.2) e indicando que o produto já se apresentava em condições insatisfatórias para o consumo.

No processamento 1, o suco do lote 1 apresentou uma vida-de-prateleira de aproximadamente 17 dias, que corresponde ao tempo de armazenamento quando se intercepta o gráfico do lote 1 (*Figura 6*) no ponto 10^4 UFC/ml. O suco do lote 2 apresentou uma vida-de-prateleira de 21 dias; 4 dias a mais que a obtida no lote 1, pasteurizado a 72°C/16s.

No processamento 2, a contagem de bolores e leveduras foi inicialmente maior que no processamento 1 e ambos os sucos apresentaram a mesma vida-de-prateleira igual a 17 dias.

Em média, o suco submetido ao mínimo tratamento térmico de 72°C/16s teve uma vida-de-prateleira de 17 dias, enquanto o suco pasteurizado a 91°C/40s apresentou uma vida-de-prateleira de 19 dias, 2 dias a mais que o suco do lote 1.

De acordo com SADLER et alii (1992), os tratamentos térmicos 66°C/10s e 90°C/60s são igualmente eficientes na redução da contagem inicial de bolores e leveduras presentes no suco de laranja, permanecendo constante durante os primeiros sete dias de estocagem a 4°C.

Para SHOMER et alii (1994), o mínimo tratamento térmico a 60°C/16s reduziu a contagem total de microrganismos para menos de 100 UFC/ml, em combinação com o uso do CO₂ no espaço-livre da embalagem, obtiveram uma vida-de-prateleira para o suco de laranja igual a 35 dias, quando armazenado a 4°C.

Para TOCCHINI et alii (1995), em trabalho para o mercado brasileiro, a vida-de-prateleira do suco pasteurizado, armazenado a 4°C é de 20 dias quando embalado em garrafas de PEAD de 1 litro.

Contagem de bactérias láticas

Para a contagem de bactérias láticas foi utilizado o meio OSA (DIFCO), semeadura em profundidade e incubação em jarra com atmosfera microaerófila. Este procedimento mostrou-se satisfatório para ser empregado neste tipo de análise microbiológica, em comparação com a incubação em sacos de polietileno de baixa densidade com ou sem a injeção de N₂ e a incubação em anaerobiose com e sem uma sobrecamada do mesmo meio (SIEBEL, 1978, SILVA & JUNQUEIRA, 1995, LEITÃO, 1998). Na incubação microaerófila, a definição das placas quanto a bactérias láticas foi a melhor, comparando com as outras testadas.

As Figuras 9 e 10 mostram a evolução das contagens de bactérias láticas em meio OSA para os lotes 1 e 2 dos sucos de laranja pasteurizados a 72°C/16s (processamento 1) e a 91°C/40s (processamento 2).

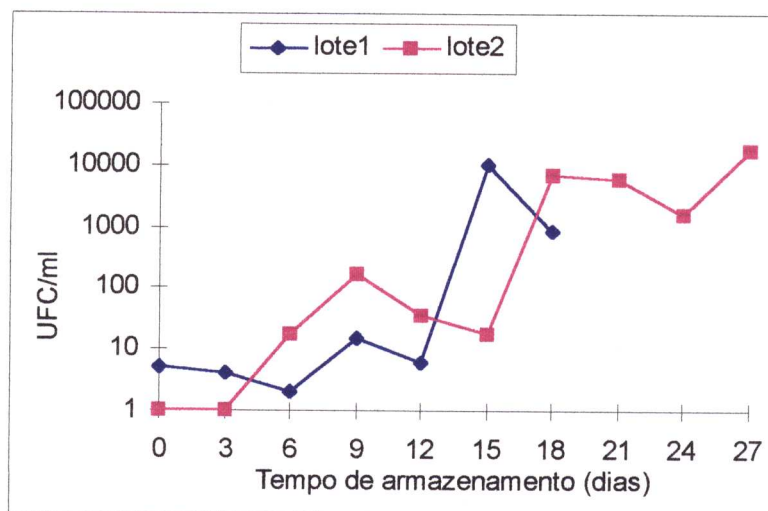


FIGURA 9. Evolução das contagens de bactérias lácticas para o suco de laranja do processamento 1 em função do tempo de armazenamento

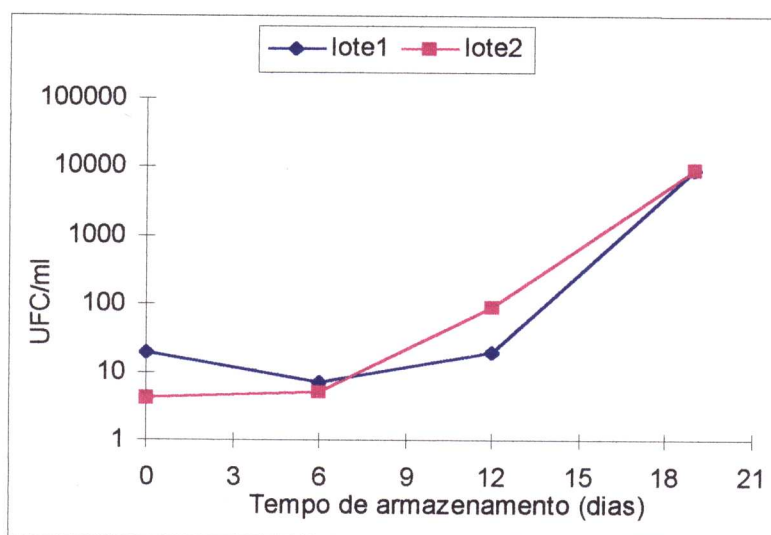


FIGURA 10. Evolução das contagens de bactérias lácticas para o suco de laranja do processamento 2 em função do tempo de armazenamento

Através das Figuras 9 e 10, observa-se que a contagem de bactérias lácticas inicial para o suco submetido ao tratamento térmico mais rigoroso ($91^{\circ}\text{C}/40\text{s}$) foi, em ambos os processamentos, sempre menor que a obtida no suco tratado a $72^{\circ}\text{C}/16\text{s}$. Indicando que a pasteurização a $91^{\circ}\text{C}/40\text{s}$ é mais eficiente na destruição das bactérias lácticas do que o tratamento a $72^{\circ}\text{C}/16\text{s}$, o que não ocorreu com os bolores e leveduras, em que a eficiência dos tratamentos térmicos foi semelhante. Pode-se concluir, então, que a resistência térmica das bactérias lácticas é menor que a maioria dos fungos e leveduras, de acordo com o que foi citado por UBOLDI EIROA (1989).

Conforme no caso dos bolores e leveduras, a contagem de bactérias láticas permaneceu constante durante os 6 primeiros dias de estocagem e apesar dessa contagem inicial ter sido menor para os sucos do lote 1, com o tempo de armazenamento, houve um aumento significativo na carga microbiana, de modo que ao final da vida-de-prateleira de cada produto, ambos os lotes apresentaram contagens próximas nos processamentos 1 e 2, indicando que a contagem de bactérias láticas também pode ser empregada para definir a vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado.

SADLER et alii (1992) observaram que a contagem total de microrganismos diminuiu rapidamente durante os 7 primeiros dias de estocagem e atingiu valores próximos à contagem de bolores e leveduras. Essa redução foi atribuída a uma melhor adaptação dos bolores e leveduras presentes no suco de laranja a 4°C, em relação às bactérias. Resultado similar também foi obtido por FELLERS (1988) em trabalho desenvolvido com suco de laranja não-pasteurizado e por KOPELMAN & RAUCHWERGER (1984), com suco de laranja cultivar Shamouti.

De acordo com PARISH (1991) e SADLER et alii (1992), a resistência térmica dos microrganismos é menor com a redução do pH (pH ácido). Observando as *Figuras 7, 8, 9 e 10*, verifica-se uma contagem inicial de bactérias láticas e bolores e leveduras mais elevada para o suco do processamento 2, que apresentou um pH inicial de 4,28 e 4,27 para os lotes 1 e 2, respectivamente. No caso do processamento 1, os lote 1 e 2 apresentaram, respectivamente, um pH inicial de 3,97 e 4,00 (*Tabela 5*), o que poderia explicar a contagem inicial maior no suco do processamento 2.

Contagem de microrganismos do grupo coliformes

As contagens de coliformes totais e de origem fecal apresentaram sempre o mesmo resultado de número mais provável por mililitro (ml) menor que 0,3 (*Tabela 11*) para todo período de armazenamento dos sucos de laranja em ambos os processamentos 1 e 2. A exceção ocorreu apenas no processamento 2, com o suco submetido a mínimo tratamento térmico (lote 1, NMP/ml = 4,3), que em função de uma alta contagem inicial no suco após o *finisher* ($\text{NMP/ml} \leq 2,4 \cdot 10^3$), este tratamento pode não ter sido suficiente à destruição completa desses microrganismos. Entretanto, nos dias seguintes de armazenamento não houve produção de gás em nenhum dos tubos no teste presuntivo, indicando uma possível inativação do microrganismo que não se adaptou às condições do meio existentes no suco

de laranja, uma vez que apresentam um pH mínimo de crescimento maior que 4,5 (TANIWAKI & SILVA, 1996).

TABELA 11. Contagens de coliformes totais e fecais para os processamentos 1 e 2

Tempo (dias)	Contagem de coliformes totais e fecais (NMP/ml)			
	Processamento 1		Processamento 2	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
0	< 0,3	< 0,3	< 4,3 (coliformes totais) < 0,3 (coliformes fecais)	< 0,3
3 ao 27	< 0,3		< 0,3	

4.3.2 - Análise sensorial

As Tabelas 12 e 13 apresentam as médias dos testes de aceitação realizados para os processamentos 1 e 2 respectivamente.

TABELA 12. Médias das notas da avaliação hedônica geral e sabor dos sucos de laranja do processamento 1 em função do tempo de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Avaliação			
	Geral		Sabor	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
2	7,1 ^{A, a}	6,5 ^{A, a}	6,7 ^{A, a}	5,9 ^{A, b}
8	6,9 ^{A, a}	6,3 ^{A, b}	6,7 ^{A, a}	6,0 ^{A, a}
14	6,1 ^{B, a}	6,3 ^{A, a}	6,2 ^{A, a}	6,3 ^{A, a}
20		6,9 ^A		6,7 ^A

médias com o mesmo expoente, na mesma linha (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (A, B), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA 13. Médias das notas da avaliação hedônica geral e sabor dos sucos de laranja do processamento 2 em função do tempo de armazenamento

Tempo de armazenamento (dias)	Avaliação			
	Geral		Sabor	
	Lote 1	Lote 2	Lote 1	Lote 2
3	6,8 ^{A, a}	6,8 ^{A, a}	6,7 ^{A, B, a}	6,6 ^{A, a}
9	6,3 ^{A, a}	6,5 ^{A, a}	5,9 ^{B, a}	6,3 ^{A, a}
15	6,9 ^{A, a}	6,8 ^{A, a}	6,9 ^{A, a}	6,8 ^{A, a}

médias com o mesmo expoente, na mesma linha (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (A, B), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Observando a *Tabela 12*, na avaliação geral para cada lote (coluna), verificou-se uma pequena diminuição nas médias das notas atribuídas à aceitação do suco com o aumento no tempo de armazenamento. Isto significa que com o aumento no período de estocagem, houve uma certa perda de qualidade do suco, percebida pelos provadores, atribuindo notas menores na avaliação hedônica do produto, indicando que gostaram menos do suco com o passar do tempo de armazenamento. Essa perda sensorial na qualidade só foi percebida de modo significativo ($p < 0,05$) no lote 1. Para o lote 2, submetido a tratamento térmico mais rigoroso, não houve diferença significativa a nível de 5% na avaliação hedônica geral, indicando que a aceitação do suco de laranja foi estatisticamente igual, independente do tempo de armazenagem do produto a 4°C, mostrando que o suco apresentou uma vida útil superior a 20 dias e que o fator limitante não foi o sensorial.

Na avaliação quanto ao sabor para cada lote (coluna), houve uma diminuição nas notas de aceitação para o lote 1, apesar de não ser significativa. Para o lote 2, foi estranho, porque ocorreu um aumento na avaliação hedônica do sabor, à medida que o suco ficou mais velho. No entanto, este aumento não foi significativo, de modo que a avaliação dos provadores foi estatisticamente igual para o suco com 2 e 20 dias de armazenamento.

Observando-se ainda na *Tabela 12*, nas avaliações geral e quanto ao sabor para cada tempo de armazenamento (linha), verifica-se que as médias das notas sensoriais para o lote 1 foram maiores que as do lote 2 e só houve diferença significativa entre essas médias na avaliação geral do dia 8 e na avaliação quanto ao sabor do dia 2. Indicando que

os provadores gostaram significativamente mais do suco submetido a mínimo tratamento térmico em relação ao pasteurizado a 91°C/40s, apesar de nos outros dias terem aceitado os sucos de modo estatisticamente igual. Em geral, é possível concluir que os provadores gostaram regularmente a ligeiramente dos sucos de laranja, independente do tratamento térmico a que foram submetidos.

Na *Tabela 13*, para o processamento 2, verificou-se que em cada lote (coluna), não houve diferença significativa entre as avaliações sensoriais de aceitação do suco de laranja com o aumento no tempo de armazenamento. Os provadores gostaram igualmente dos sucos, independente do período de estocagem. A exceção para o lote 1 na avaliação quanto ao sabor, em que os provadores gostaram significativamente menos do suco no dia 9 e no entanto, no dia 15, a avaliação hedônica foi igual à do dia 3. Para cada tempo de armazenamento (linha), as médias das notas foram muito próximas e não houve diferença significativa entre elas, indicando que independente do tratamento térmico a que foram submetidos, os provadores gostaram igualmente dos sucos de laranja pasteurizados a 72°C/16s e 91°C/40s.

Analisando de maneira geral, para ambos os processamentos, pode-se concluir que os provadores gostaram regularmente a ligeiramente dos sucos de laranja e atribuíram notas estatisticamente iguais para expressar sua avaliação, independente do tratamento térmico a que foram submetidos. Os resultados microbiológicos foram realmente os que definiram a vida-de-prateleira dos sucos de laranja, uma vez que as médias das notas dos testes de aceitação sempre indicaram que os provadores gostaram das amostras, não permitindo determinar o final da vida-de-prateleira do suco de laranja.

De acordo com LABUZA & SCHMIDL (1988), enquanto a escala hedônica é útil para avaliar o grau de aceitação do consumidor, ela não é tão útil para avaliar mudanças quantitativas durante a estocagem dos alimentos, uma vez que os provadores foram escolhidos como consumidores do produto e não foram treinados para avaliar os atributos do suco, também não houve comparação com um controle, recém-processado, que poderia ter auxiliado o provador na avaliação das amostras pasteurizadas. Estas conclusões podem explicar porque o teste de aceitação não foi eficiente em determinar a vida-de-prateleira do suco de laranja no estudo presente.

Durante os testes sensoriais, também foi solicitado aos provadores que indicassem as características das amostras, quanto a avaliação geral e ao sabor, que eles mais gostaram e menos gostaram. O levantamento dos termos citados nas respostas das fichas de avaliação sensorial está descrito no Anexo II.

4.3.3 - Análises químicas e físicas

O comportamento das características químicas e físicas dos sucos de laranja pasteurizados está apresentado nos gráficos referentes a cada uma das análises. Nestas figuras estão plotados os resultados médios dessas análises em função do tempo de armazenamento para cada tratamento térmico (lote 1 e lote 2) em ambos os processamentos 1 e 2. Foi realizada análise estatística com o primeiro, o último e o tempo de armazenamento anterior e mais próximo ao final da vida-de-prateleira do produto, determinado nas análises microbiológicas e sensoriais. O objetivo da análise estatística foi determinar se houve ou não diferença significativa ($p < 0,05$) nas avaliações dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento.

Densidade relativa

A *Figura 11* mostra o comportamento da densidade relativa a 20°C em função do tempo de armazenamento dos sucos de laranja pasteurizados a 72°C/16s (lote 1) e 91°C/40s (lote 2) acondicionados a 4°C. As médias e os desvios padrão da densidade relativa e os resultados das análises estatísticas para cada lote do suco processado em função do tempo de armazenamento, estão apresentados na *Tabela III.1* do Anexo III.

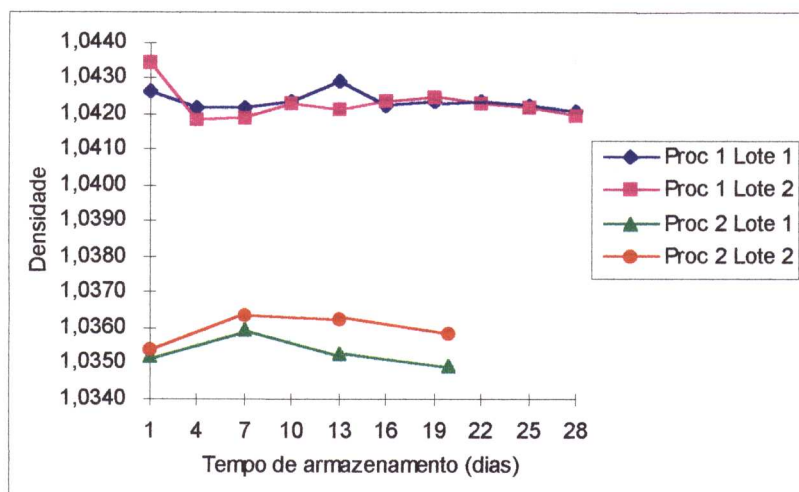


FIGURA 11. Comportamento da densidade relativa dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

Na *Figura 10* para o processamento 1, pode-se observar que houve uma diminuição rápida na densidade nos três primeiros dias e depois se manteve praticamente inalterada. Ao contrário, no processamento 2 ocorreu um aumento nos resultados da densidade e depois estabilizaram. A densidade relativa é uma análise sensível e sujeita a mínimas variações na temperatura (20°C) e na pesagem (décimo de milésimos), de modo que os desvios podem ser atribuídos a essas variações que podem ter ocorrido durante as análises. Avaliando os resultados com uma precisão de 3 casas decimais, verificou-se que não houve variação significativa nos valores de densidade medidos. Na legislação do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1974), o limite mínimo para a densidade relativa é apresentado com a precisão de milésimos, ao invés de décimos de milésimos como foi apresentado aqui.

Pode-se observar, também, que os sucos obtidos nos processamentos 1 e 2 apresentaram densidades relativas bem diferentes e seus comportamentos com o tempo de estocagem foram semelhantes. Analisando o gráfico seguinte (*Figura 12*), referente ao teor de sólidos solúveis, verificou-se que existe correlação ($r = 0,98$) entre a densidade relativa e o teor de sólidos solúveis, de modo que aumentando-se os sólidos solúveis (SS), há um aumento na densidade relativa (D) do suco, de acordo com a equação linear: $D = 0,0048.SS + 0,9909$. Esta correlação foi obtida com as médias da densidade relativa e dos sólidos solúveis referentes ao tempo de armazenamento, dia 1.

Sólidos solúveis

A Figura 12 mostra o comportamento dos sólidos solúveis em função do tempo de armazenamento dos sucos de laranja pasteurizados a 72°C/16s (lote 1) e 91°C/40s (lote 2) acondicionados a 4°C. As médias e os desvios padrão dos sólidos solúveis e os resultados das análises estatísticas para cada lote processado em função do tempo de armazenamento, estão apresentados na Tabela III.2 do Anexo III.

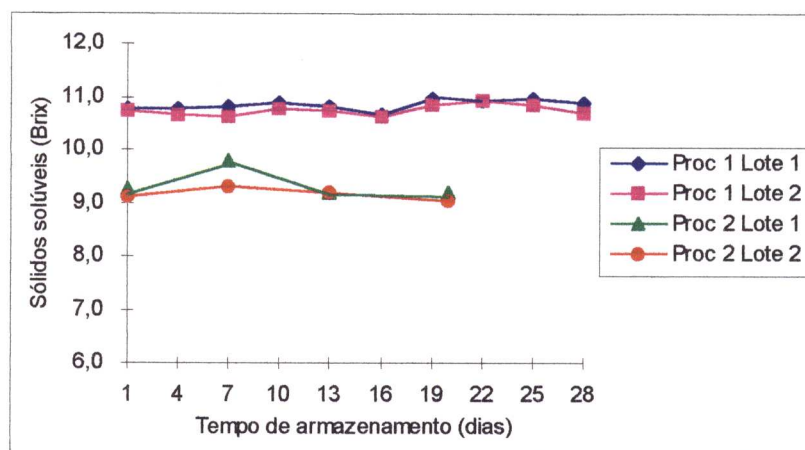


FIGURA 12. Comportamento dos sólidos solúveis dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

Verificou-se que o comportamento dos sucos de laranja quanto aos sólidos solúveis foi semelhante, independente das condições de pasteurização utilizadas. Não houve variação significativa ($p < 0,05$) nos resultados de sólidos solúveis dos sucos em função de tempo de estocagem do produto. Tal resultado foi verificado por MARTIN et alii (1995), que não verificaram alterações significativas nos teores de sólidos solúveis do suco de laranja pasteurizados durante 6 meses de armazenamento.

Acidez total titulável

A *Figura 13* mostra o comportamento da acidez total titulável (ATT) em função do tempo de armazenamento, para os sucos dos processamentos 1 e 2. As médias e os desvios padrão das análises de ATT e os resultados estatísticos para cada lote processado, estão apresentados na *Tabela III.3* do Anexo III.

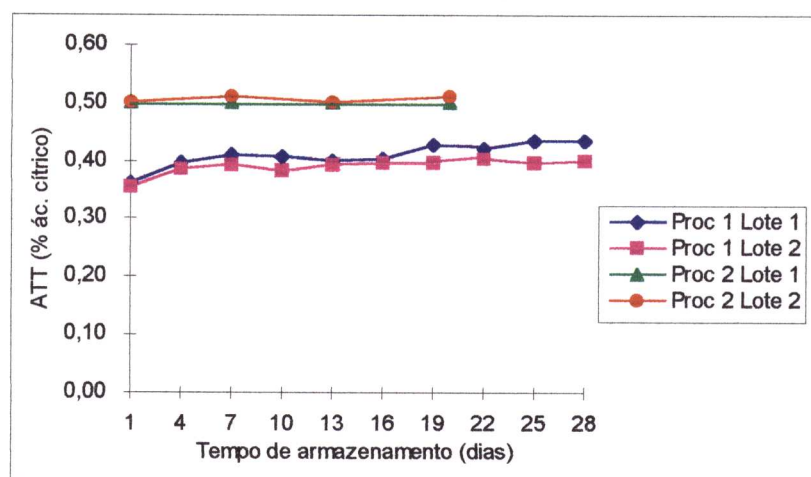


FIGURA 13. Comportamento da acidez total titulável dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

Conforme pode ser observado na *Figura 13* e na *Tabela III.3* do Anexo III, os resultados médios de acidez total titulável (ATT) se mantiveram praticamente constantes com o tempo de armazenamento, não se verificando também, variações significativas nestes resultados com o tratamento térmico empregado. Houve um aumento significativo na acidez do suco no lote 1 do processamento 1 com o produto já considerado insatisfatório para o consumo.

O fato da acidez titulável não se alterar durante a estocagem do suco de laranja também foi verificada por KANANE et al (1988) e explicada como resultado da presença de um sistema tampão no suco. Os ácidos orgânicos totais presentes no suco não são formados essencialmente pela soma dos ácidos cítrico e málico, encontrados na proporção de aproximadamente 95:5. Esses dois ácidos, mais seus sais, formam um tampão com características ácidas por causa da alta quantidade de ácidos livres para se ligar aos sais. Este tampão também explica a mínima variação no pH devido a relação

existente entre o pH e o teor de ácidos livres (KIMBALL, 1991), de modo que se não há variação na acidez titulável, também não ocorre no pH.

Ratio

A relação °Brix/ATT, denominada *ratio*, apresentou uma redução significativa em relação ao primeiro dia de estocagem, no processamento 1, como pode ser observado na *Figura 14* e na *Tabela III.4* do Anexo III. No entanto, manteve-se sem variação significativa ao longo da vida-de-prateleira. O comportamento desta grandeza é inversamente proporcional ao aumento na acidez no suco de laranja. Na *Figura 13* (acidez titulável) verificou-se um aumento na acidez titulável com o armazenamento. Este aumento resultou numa diminuição na grandeza *ratio*, indicando que o suco perdeu um pouco sua doçura e ficou com uma acidez mais acentuada.

Pode-se observar que o suco obtido no processamento 2 apresentou um *ratio* menor que o obtido no processamento 1, indicando que a fruta do processamento 1 estava com um grau de maturidade maior, produzindo um suco com sabor mais adocicado e com menor acidez.

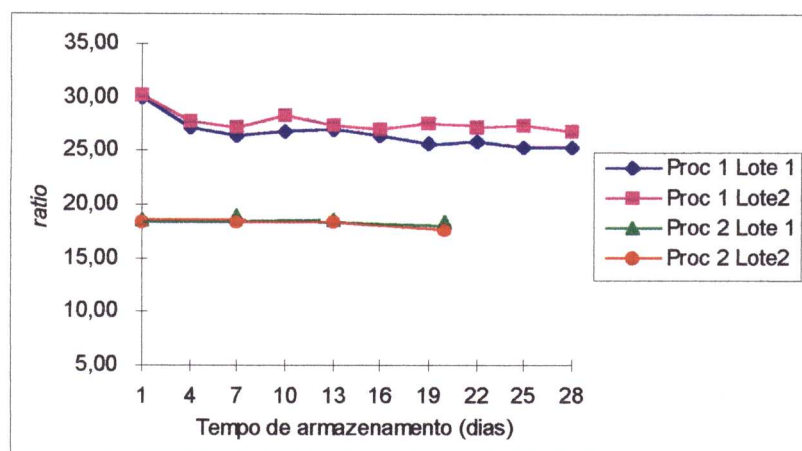


FIGURA 14. Comportamento do *ratio* dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

pH

A *Figura 15* mostra a evolução do pH em função do tempo de armazenamento para os sucos dos processamentos 1 e 2. As médias e os desvios padrão das análises de pH e os resultados das análises estatísticas para cada lote processado em função do tempo de armazenamento, estão apresentados na *Tabela III.5* do Anexo III.

Verificou-se que não houve variação significativa nos valores de pH no decorrer da estocagem e que o pH para o suco no processamento 1 foi, em média, menor que o do suco no processamento 2.

Os resultados estão de acordo com aqueles obtidos por KANANE et alii (1988) que também não verificaram diferença significativa no pH do suco durante as 14 semanas de estocagem a 4, 22,5, 35 e 45°C, e atribuíram essa variação mínima no pH à relação existente entre os ácidos livres que formam um tampão com seus sais.

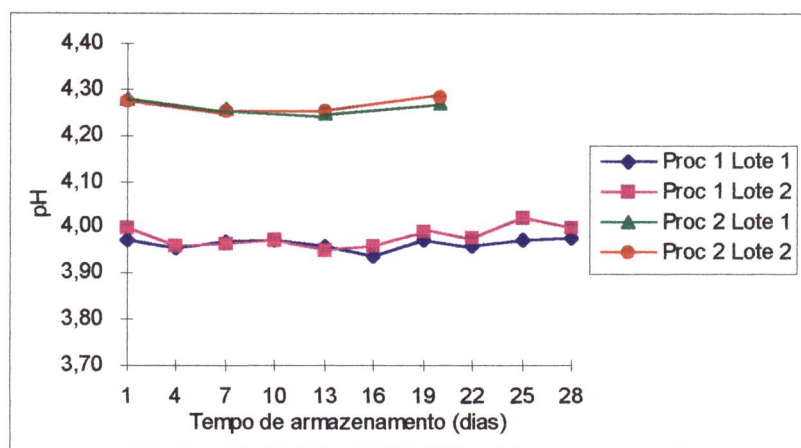


FIGURA 15. Comportamento do pH dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

Sólidos em suspensão

A Figura 16 apresenta a evolução do teor de polpa dos sucos pasteurizados com o tempo de armazenamento. As médias e os desvios padrão das análises de sólidos em suspensão e os resultados estatísticos para cada lote processado estão apresentados na Tabela III.6 do Anexo III.

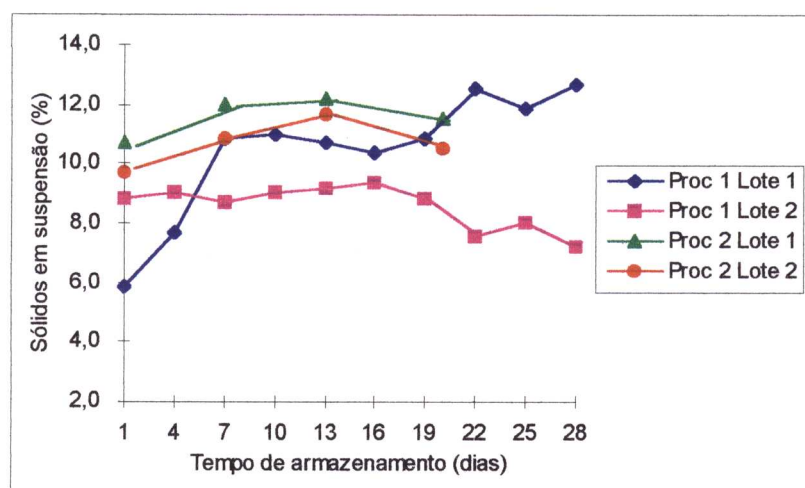


FIGURA 16. Comportamento dos sólidos em suspensão dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

No processamento 1, o suco pasteurizado a 72°C/16s apresentou um aumento nos resultados de sólidos em suspensão. Nos sucos do processamento 2 também se verificou um aumento nos sólidos em suspensão apesar de ser em menor intensidade. Esse aparente aumento no teor de polpa está correlacionado com a atividade enzimática da pectinesterase e uma redução na viscosidade do suco. A enzima hidrolisa a pectina, que desestabiliza a turbidez do suco e diminui sua viscosidade. Essa redução na viscosidade irá favorecer a precipitação da polpa, quando o suco for centrifugado durante a análise, aparentando um aumento nos sólidos em suspensão presentes no suco de laranja (CRANDALL et alii, 1984, KIMBALL, 1991, KLAVONS et alii, 1994, ONOFRE, 1995).

Deve-se observar também, que o teor de polpa dos sucos pasteurizados a 91°C/40s foi sempre menor que o apresentado nos sucos tratados a 72°C/16s. Segundo KIMBALL (1991), o calor aplicado na pasteurização em conjunto com ação das bombas, induzem a uma quebra nas partículas da polpa e reduz o teor de sólidos em suspensão após o processamento.

Ácido ascórbico

O ácido ascórbico tem sido o parâmetro mais estudado pelos pesquisadores quando querem avaliar o comportamento do suco de laranja em função do tempo de estocagem.

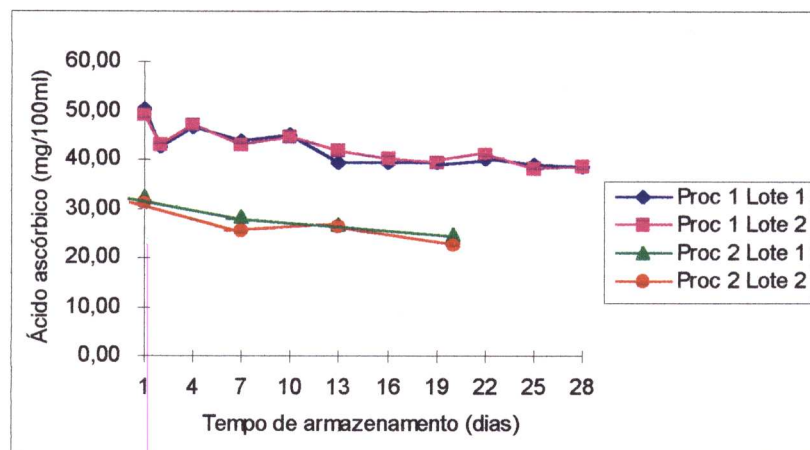


FIGURA 17. Degradação do ácido ascórbico presente nos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

Através da *Figura 17* e da *Tabela III.7* do Anexo III pode-se concluir que houve uma redução no teor de vitamina C do suco com o aumento no período de armazenamento, independente do tratamento térmico a que foi submetido. Conforme descrito no item 4.1.2 que apresentou a caracterização química e física do suco de laranja, foi verificado que os tratamentos térmicos a 72°C/16s e a 91°C/40s não afetaram significativamente o teor de ácido ascórbico medido, no entanto, com o decorrer da estocagem, pôde-se observar uma redução no teor de ácido ascórbico presente no suco de laranja.

Apenas para o ácido ascórbico, o intervalo entre as análises nos primeiros 4 dias foi menor, com uma análise a mais no dia 2. O objetivo foi verificar se ocorreria uma redução rápida no teor de ácido ascórbico nos primeiros dias de armazenamento como relatado por diversos autores GRAUMLICH et alli (1986), TRAMMELL et alli (1986), SIZER et alli (1988), SHAW & MOSHONAS (1991), KENNEDY et alli (1992), MARTIN et alli (1995) e SOLOMON et alli (1995).

Foi possível concluir, em concordância com esses pesquisadores, que realmente ocorre uma redução significativa no teor de vitamina C presente no suco nos primeiros dias de estocagem. Eles atribuíram esse fato ao oxigênio presente no espaço-livre da

embalagem e ao dissolvido no suco, os quais são rapidamente consumidos durante a estocagem do produto, mesmo quando sob temperaturas reduzidas, como foi o caso desta pesquisa (4°C).

Após os primeiros dias de armazenamento, a diminuição no teor de ácido ascórbico ainda continuou a ocorrer, apesar de ser em menor intensidade. KANNER et alli (1982), GRAUMLICH et alli (1986), KENNEDY et alli (1992) e RYLEY & KAJDA (1994) atribuíram a degradação deste composto às reações de escurecimento sob condições anaeróbicas que ocorrem quando o teor de oxigênio dissolvido e o presente no espaço-livre são consumidos. Também atribuíram esta degradação ao O₂ que permeia através da embalagem (SIZER et alli, 1988).

Pôde-se observar também que a degradação do ácido ascórbico independe do tratamento térmico em ambos os processamentos. Nos primeiros 7 dias de armazenamento ocorreu uma redução média de 5,6mg de ácido ascórbico/100ml de suco e durante toda a vida-de-prateleira do produto, em média 17 dias, essa redução foi 9,3mg/100ml de suco. Pode-se concluir que nos primeiros 7 dias houve uma redução de 5,6mg no teor de ácido ascórbico do suco e nos outros 10 dias restantes essa degradação foi de 3,7mg, estando de acordo mais uma vez com os pesquisadores que observaram uma maior degradação do ácido ascórbico nos primeiros dias de estocagem.

Atividade de pectinesterase

A *Figura 18* apresenta o comportamento da atividade enzimática da pectinesterase com o tempo de armazenamento. As médias e os desvios padrão da atividade enzimática e os resultados estatísticos para cada lote processado estão apresentados na *Tabela III.8* do Anexo III.

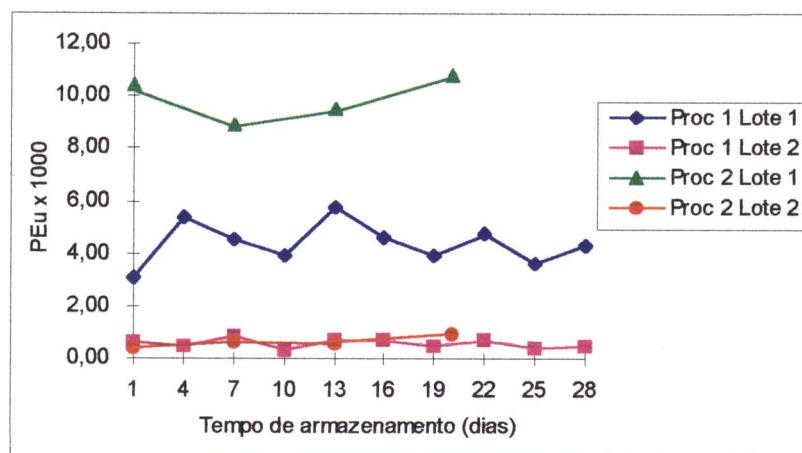


FIGURA 18. Atividade enzimática da pectinesterase nos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

O tratamento térmico a 91°C/40s foi mais eficiente na inativação da enzima pectinesterase em relação ao tratamento a 72°C/16s. Em ambos os processamentos, a redução na atividade enzimática foi semelhante e não ocorreu variação significativa nesta atividade ao longo da estocagem do suco de laranja.

No tratamento térmico a 72°C/16s, o suco do processamento 1 apresentou uma atividade enzimática residual menor que a observada no suco do processamento 2, apesar de ambos terem sido submetidos as mesmas condições de pasteurização.

Segundo ATKINS & ROUSE (1953) estudando a inativação da pectinesterase pelo calor, em laranja Valência, verificaram que a resistência térmica da enzima era maior com o aumento no pH do suco. Resultados semelhantes foram obtidos por ROUSE & ATKINS (1952 e 1953), que também observaram que o teor de polpa tinha influência na inativação da enzima. Um suco com 5% de polpa necessitava menos tempo de pasteurização do que um suco com 10% de polpa. ROUSE et alli (1954) relataram que a pectinesterase e os sólidos em suspensão, nos sucos cítricos, estão diretamente correlacionados. Um aumento no percentual de polpa presente no suco, aumenta proporcionalmente a atividade da enzima.

Dessa maneira, após analisar os sucos de laranja pêra obtidos para desenvolver esta pesquisa (Tabelas 5 e 6), verificou-se que no processamento 1, o suco apresentou um pH de 4,01 e 10,8% de polpa. No processamento 2, o suco apresentou pH de 4,26 e 13%. Correlacionando-se a atividade da pectinesterase ($PEu \cdot 10^3$) x teor de polpa (P),

verificou-se um coeficiente de correlação $r = 0,74$, dado pela equação linear $PEu.10^3 = 4,85.P - 39,81$. No caso da atividade da pectinesterase x pH, o coeficiente de correlação foi $r = 0,80$, de acordo com a equação $PEu.10^3 = 43,52.P - 162,17$. Estas correlações foram obtidas com as médias das respectivas análises, referentes ao tempo de armazenamento, dia 1. Portanto, pôde-se concluir, baseando-se nos estudos citados, que a resistência térmica no processamento 2 foi maior que a resistência da enzima no processamento 1. Como foi aplicado o mesmo tratamento térmico para ambos os sucos, era de se esperar que ocorresse uma maior inativação enzimática no suco do processamento 1, em concordância com o observado na *Figura 18*.

Ao longo do tempo de armazenamento também não foi verificado alteração significativa na atividade residual da pectinesterase dos sucos tratados a 72°C/16s em ambos os processamentos 1 e 2. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por SADLER et alli (1992), que não verificaram recuperação na atividade da enzima pectinesterase nos sucos pasteurizados a 66°C/10s e 90°C/60s.

Cor

A cor do suco de laranja foi expressa no sistema CIELAB, em valores de **L**, **a** e **b**. O valor **L** representa a luminosidade que varia do negro (0) ao branco (100). Os valores **a** e **b** são as coordenadas de cromaticidade e indicam as direções da cor: **+a** é a direção vermelha, **-a** a direção verde, **+b** é a direção amarela e **-b** é a azul (MINOLTA, 1994).

As *Figuras 19, 20 e 21* mostram o comportamento dos valores **L**, **a** e **b** em função do tempo de armazenamento dos sucos de laranja pasteurizados a 72°C/16s (lote 1) e 91°C/40s (lote 2) acondicionados a 4°C. As médias e os desvios padrão dos valores **L**, **a** e **b** e os resultados das análises estatísticas para cada lote do suco processado, estão apresentados nas *Tabelas III.9, III.10 e III.11* do Anexo III.

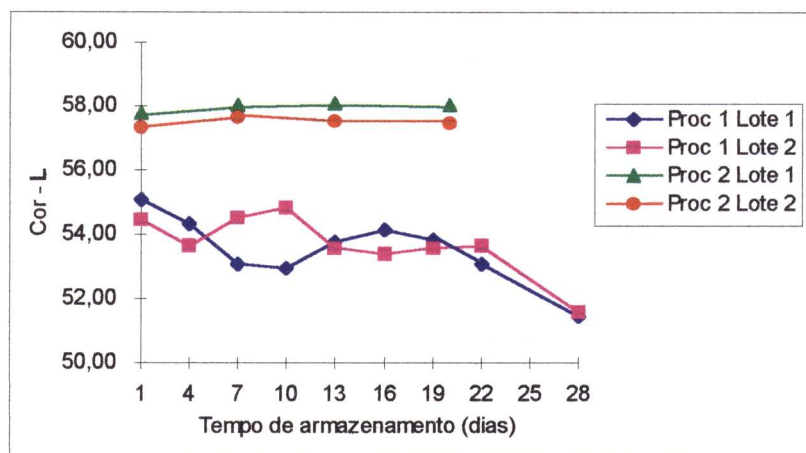


FIGURA 19. Comportamento do valor L nas avaliações de cor dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

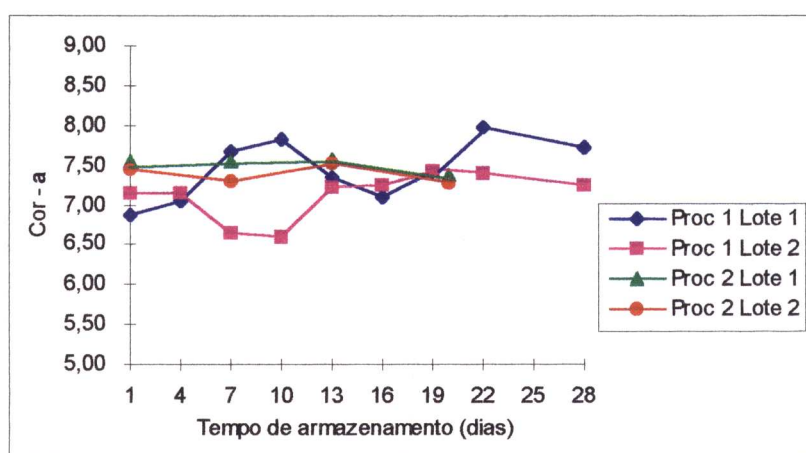


FIGURA 20. Comportamento do valor a nas avaliações de cor dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

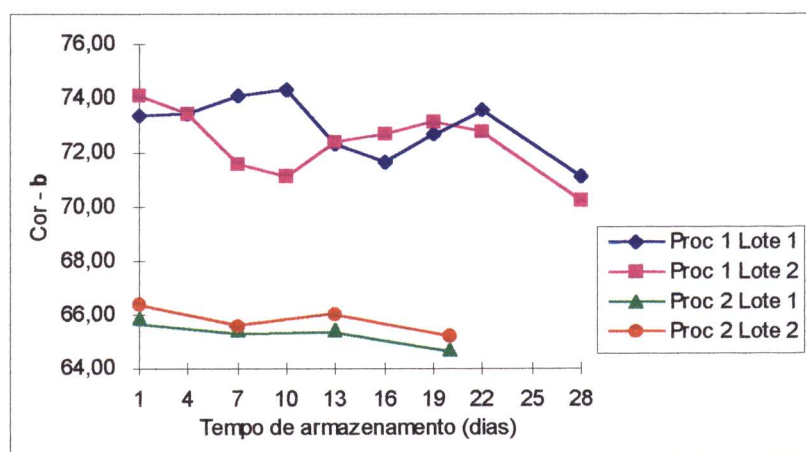


FIGURA 21. Comportamento do valor b nas avaliações de cor dos sucos de laranja pasteurizados em função do tempo de armazenamento

A análise destes resultados é melhor compreendida observando as três figuras em conjunto, uma vez que os três constituem a cor do suco.

Observa-se, principalmente nas *Figuras 19 e 21*, que as cores dos sucos nos processamentos **1** e **2** são distintas, com o suco do processamento **1** apresentando mais escuro, com menos brilho e uma cor amarelo mais acentuada que o suco do processamento **2**.

As figuras apresentam para cada processamento, pontos próximos, indicando que o tratamento térmico não influenciou na cor dos sucos. A análise estatística descrita no item 4.1.2, confirma que os tratamentos térmicos não influíram significativamente na cor dos sucos.

Analisando em relação ao tempo de armazenamento do suco de laranja verificou-se que ocorreu uma diminuição nos valores de cor, o que indica um escurecimento do suco apresentando uma cor menos amarela (**b**) e mais avermelhada (**a**) em relação ao suco recém-processado. Esse escurecimento não foi significativo nos sucos com mínimo tratamento térmico (72°C/16s) no período de 17 dias. Entretanto, na pasteurização a (91°C/40s), o escurecimento foi significativo no processamento **1**, com a cor do suco apresentando-se, em geral, mais escura e menos amarelada que a do suco recém-processado.

Diversos pesquisadores avaliaram a cor do suco de laranja ao longo do tempo de estocagem (MANNHEIM & HAVKIN, 1981; TRAMMELL et alli, 1986; KACEM et alli, 1987a e b e SOLOMON et alli, 1995). Verificaram que ocorre um escurecimento do produto com o tempo de armazenamento e concluíram que existe uma correlação entre a perda do ácido ascórbico e o escurecimento do suco de laranja, principalmente quando ocorrem reações anaeróbicas de degradação da vitamina C.

5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, concluiu-se que:

1. A garrafa de PET utilizada foi adequada para o acondicionamento do suco de laranja pasteurizado, apesar de ter apresentado uma pequena colapsagem no final da vida-de-prateleira, o que poderia ser resolvido com uma melhoria no *design* da garrafa, através da utilização de um formato que confira à embalagem uma maior resistência mecânica.
2. Os tratamentos térmicos a 72°C/16s e 91°C/40s foram igualmente eficientes na redução da contagem microbiana presente no suco não-pasteurizado. O tratamento térmico a 91°C/40s foi significativamente ($p < 0,05$) mais eficiente na inativação da enzima pectinesterase.
3. O fator limitante da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado foi a alteração microbiológica, ocorrendo um aumento no número de bolores, leveduras e bactérias lácticas a partir do sexto dia de estocagem, até a contagem de 10^4 UFC/ml, considerada como limite da vida útil do produto.
4. Nas avaliações hedônicas, geral e sabor, houve uma tendência à preferência pelo suco com mínimo tratamento térmico (72°C/16s), entretanto, os testes sensoriais não permitiram determinar o final da vida-de-prateleira do suco de laranja pasteurizado.
5. A acidez total titulável, sólidos solúveis, *ratio*, pH e atividade de pectinesterase não apresentaram variação significativa ($p < 0,05$) em função do tratamento térmico e do tempo de armazenamento do suco de laranja. As análises de cor indicaram um escurecimento nos sucos pasteurizados, apresentando uma cor menos amarelada e mais avermelhada, em relação a cor do suco recém-processado.
6. Houve uma redução no teor de ácido ascórbico presente no suco de laranja, com o tempo de armazenamento, sendo mais acentuada nos primeiros dias de estocagem. Não se verificou, em média, redução significativa no teor de ácido ascórbico inicial em função dos tratamentos térmicos empregados.

7. Pôde-se concluir que a garrafa de polietileno tereftalato utilizada, constitui uma alternativa viável para o mercado de suco de laranja pasteurizado, viabilizando uma vida-de-prateleira similar a obtida com outros tipos de embalagens já disponíveis, mas que não oferecem a qualidade de apresentação do produto como o PET.
8. Finalmente, foi possível desenvolver um processo para a obtenção de suco de laranja pasteurizado acondicionado em garrafa de PET, sem comprometer as características organolépticas, físicas e químicas do suco e apresentando uma vida-de-prateleira satisfatória para o produto armazenado à 4°C.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED,A.A., 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. **Journal of Milk and Food Technology**, Indiana, v. 39,n. 5, p. 323-336, 1976.
- ALVES, R.M.V. & GARCIA, E.E.C. Embalagens para sucos de frutas. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 23, n. 2., p. 105-122, 1993.
- ANON. Laranja mecânica. **Panificação & Confeitaria**, São Paulo, p. 18-20, jan./fev. 1996a.
- ANON. Nova América lança top fruit premium. **Revista Engarrafador Moderno**, São Paulo, n. 46, p. 40-42, jan./fev. 1996b.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 895-79. Standard test method for water vapor permeability of packages**. Philadelphia: ASTM, 1979. Apud: Embalagens plásticas: controle de qualidade. Campinas: ITAL/CETEA, 1989, p. 172-174.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 3985-81. Standard test for method for oxygen gas transmission rate through plastic film and sheeting using a coulometric sensor**. Philadelphia: ASTM, 1981. Apud: Embalagens plásticas: controle de qualidade. Campinas: ITAL/CETEA, 1989, p. 87-91.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard test method for column crush properties of blown thermoplastic containers. In: _____. **1980. Annual Book of ASTM standards**. Philadelphia, 1979, v. 36, p. 528-532 (D2659-67). Apud: Coletânea do ITAL, Campinas, v. 32, n. 2, p. 145-162, jul./dez. 1993.
- AMSTALDEN, L.C. **Estudo sobre a ação de pectinesterase em suco de laranja**. Campinas, 1992. 188p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Determinação da estanqueidade. In: **ABNT projeto nº. 23.05.08-002**. São Paulo: ABNT, 1985. 2p. Apud: Embalagens Plásticas: controle de qualidade. Campinas: ITAL, 1989. p. 177-181.
- ATKINS, C.D. & ROUSE, A.H. Time-temperature relationships for heat inactivation of pectinesterase in citrus juices. **Food Technology**, Chicago, v. 7, n. 12, p. 489-491, 1953.
- CANZIANI, J.R.F. Laranja - produção paulista pode ser menor desde 1988. **Revista Engarrafador Moderno**, São Paulo, v. 5, n. 37, p. 28-30, jan./fev. 1995.
- CETEC - FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Manual para fabricação de laticínios**. Belo Horizonte: CETEC, 1985. p. 67-70.
- COELHO, E. Indústria de suco vive período de euforia. **O Estado de São Paulo**, São Paulo, 21 jan. 1996.
- CORDEIRO, E. Consumo de laranja cresce 10%. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 31 out. 1996a. Finanças & Mercado, p. 17, 31.
- CORDEIRO, E. Produção de laranja deve crescer 11%. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 28 fev. 1997b. Finanças & Mercado.
- CORDEIRO, E. Cresce o consumo do suco de laranja. **Gazeta Mercantil**, São Paulo, 6 mar. 1997c. Finanças & Mercado.
- CORRÊA NETO, R.S. & FARIA, J.A.F. Tecnologia do PET para envase à quente. **Revista Engarrafador Moderno**, São Paulo, n.50, mar./abr. 1997.
- CRANDALL, P.G., CHEN, C.S., MARCY, J.E. & MARTIN, F.G. Quality of enzymatically treated 72° Brix orange juice stored at refrigerated temperatures. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 4, p. 1017-1020, 1986.
- DAMÁSIO, M.H. Métodos sensoriais afetivos (aulas teóricas). **TP106 - Análise Sensorial e Instrumental**. Campinas, Unicamp/FEA. 1º semestre 1996.

- DECIO, P. & GHERARDI, S. Freshly squeezed orange juice. **Confructa Studien**, Shönborn, v. 36, n. 5/6, p. 162-167, 1992.
- EARGMAN, B.A. & ROUSE, A.H. Heat inactivation temperature-time relationships for pectinesterase inactivation in citrus juices. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 41, n. 6, p. 1396-1397, 1976.
- FARIA, J.A.F. Vida-de-prateleira de alimentos processados assepticamente. In: **II Seminário Latinoamericano**. 1993, Campinas. Anais. Campinas: UNICAMP, 1993.
- FELLERS, P.J. Shelf-life and quality of freshly squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottle citrus juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 6, p. 1699-1702, 1988.
- FELLOWS, P. **Food Processing Technology** - principles and practice. Germany: VCM, 1988. p210-219.
- FREIRE, M.T. de A. & REYES, F.G.R. A importância do polietileno tereftalato (PET) na indústria de embalagens para alimentos. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 129-136, 1997.
- FURTADO, R. O Santo da casa. **Globo Rural**, São Paulo, p. 75-80, ago. 1996.
- GARCIA, E.E.C., PADULA, M., ALVES, R.M.V. & DELIZA, R. Estudo do desempenho de embalagens plásticas do mercado brasileiro para água mineral sem gás. I - garrafas sopradas. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 145-162, jul./dez. 1993.
- GASQUE, F. PÉREZ, R. LAFUENTE, B. & NAVARRO, J.L. Influencia de la composición del espacio de cabeza sobre la retención de calidad del zumo de naranja concentrado almacenado en refrigeración. **Revista Agroquímica Tecnológica Alimentaria**, Valencia, v. 21, n. 1, p. 131-136, 1981.
- GRANZER, R. Effect of light on ascorbic acid and carotenoid contents and on sensory quality of orange juice in colourless glass bottles. **Industrielle Obst und Gemueseverwertung**, Wolfsburg, v. 68, n. 7, p. 263-266, 1983. (abstract)

- 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. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C., v. 34, n. 3, p. 402-405, 1986.
- HUNTERLAB. **User's Manual** - version 3.1. Virginia: Hunter Associates Laboratory, Inc., cap. 17-18. 1996.
- HASSE, G. The orange: a brasilian adventure 1500-1987. **Coopercitrus Industrial Frutesp S.A.**, São Paulo, Brasil, 1987.
- JONHSON, R.L. & TOLEDO, R.T. Storage stability of 55°Brix orange juice concentrate aseptically packaged in plastic and glass containers. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, n. 2, p. 433-434, 1975.
- KAANANE, A., KANE, D. & LABUZA, T.P. Time and temperature effect on stability of Morroccan processed orange juice during storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, n. 5, p. 1470-1473, 1988.
- KACEM, B., MATTHEWS, R.F., CRANDALL, P.G. & CORNELL, J.A. Nonenzymatic browning in aseptically packaged orange juice and drinks. Effect of amino acids, deaeration, and anaerobic storage. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1665-1667, 1987a.
- KACEM, B., CORNELL, J.A., MARSHALL, M.R., SHIREMAN, R.B. & MATTHEWS, R.F. Nonenzymatic browning in aseptically packaged orange drinks: Effect of ascorbic acids, amino acids and oxygen. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 6, p. 1668-1672, 1987b.
- KANNED, J.F., RIVERA, Z.S., LLOTD, 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 Chemistry**, Essex, v. 45, n. 5, p. 326-331, 1992.
- KANNER, J., FISHBEN, J., SHALOM, P., HAREL, S. & BEM-GERA, I. Storage stability of orange juice concentrate packaged aseptically. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 2, p. 429-431, 1982.

- KIMBALL, D.A. **Citrus processing: quality control and technology**, New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. 473 p.
- KLAVONS, J.A., BENNETT, R.D. & VANNIER, S.D. Physical and chemical nature of pectin associated with commercial orange juice cloud. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 59, n. 2, p. 399-401, 1994.
- KOPELMAN, I.J. & RAUCHWERGER, M. Shelf-life and microbial growth kinetics of fresh citrus juices: Shamouti orange. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 8, n. 3/4, p. 241-250, 1984.
- LABUZA, T.P. & SCHMIDL, M.K. Use of sensory data in the shelf life testing of foods: principles and graphical methods for evaluation. **Cereal Foods World**, St. Paul, v. 33, n. 2, p. 193-194, 1988.
- LEITÃO, M.F.F. Microbiologia de sucos e produtos ácidos. **Boletim do ITAL**, Campinas, n. 33, p. 9-42, 1973.
- LEITÃO, M.F.F. **Consulta pessoal**. Campinas, Unicamp/FEA, 1998
- LENIGER, H.A & BEVERLOO, W.A. **Food Processing Engineering**. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1975. p. 274-298.
- MANNHEIM, C.H. MILTZ, J. & LETZTER, A.. Interection between polyethylene laminated cartons and aseptically packed citrus juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 3, p. 737-740, 1987.
- MANNHEIM, C.H.& HAVKIN, M. Shelf-life of aseptically bottled orange juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 5, n. 1, p. 1-6, 1981.
- MARCY, J.E., GRAUMLICH, T.R., CRANDAL, P.G. & MARSHALL, M.R. Factors affecting storage of orange concentrate. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, p. 1628-1629, 1984.
- MARCY, J.E., HANSEN, A.P. & GRAUMLICH, T.R. Effect of storage temperature on the stability of aseptically packaged concentrated orange juice and concentrated orange drink. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 54, n. 1, p. 227-228, 230, 1989.

- MARTIN, J.J., SOLANES, E. BOTA, E. & SANCHO, J. Evolucion quimica y organoleptica del zumo de naranja pasteurizado. **Alimentaria**, Madrid, p. 59-63, abr. 1995.
- MEYDAY, S., SAGUY, I. & KOPELMAN, I.J. Browning determination in citrus products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, D.C., v. 25, n. 3, p. 602-604, 1977.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Portaria n. 371 de 9 set. 1974. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 3-53, 19 set. 1974.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria n. 451 de 19 set. 1997. Regulamento técnico. Princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, p. 21005-21009, 22 set. 1997.
- MINOLTA, Co. Precise color communication. **Minolta Co.**, Japan, 1994.
- MOTTAR, J. The usefulness of polypropylene for the aseptic packaging of orange juices. **Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung**, Berlin, v. 189, p. 119-122, 1989.
- NISIDA, A.L.A.C., TOCCHINI, R.P., BERBARI, S.A.G., ALVES, R.M.V. & PORTO, E. Estabilidade de suco de laranja não-pasteurizado, armazenado a 4°C. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 173-180, jul./dez. 1993.
- OLIVEIRA, L.M. & XAVIER, R.L. Avaliação da qualidade de garrafas de polietileno de alta densidade (PEAD) utilizadas para leite pasteurizado. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 175-183, jul./dez. 1994.
- OLIVEIRA, R. Consumo de suco de laranja dispara. **Agrofolha**, São Paulo, 15 jan. 1997.
- ONOFRE, P.M. **Redução da viscosidade em suco de laranja concentrado com tratamento enzimático**. Campinas, 1995. 71p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.

- PADULA, M., SARANTÓPOULOS, C.I.G.L., ARDITO, E.F.G., GARCIA, E.E.C., OLIVEIRA, L.M. & ALVES, R.M.V. **Embalagens plásticas: controle de qualidade**. Campinas: ITAL/CETEA, 1989, 202p.
- PARISH, I.J. Microbiological concerns in citrus juice processing. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 4, p. 128-134, 1991.
- PASTORE, K. Banho de suco. **Veja**, São Paulo, p. 75, 4 dez. 1996.
- PAVIANI, D.A. Propriedades físico-químicas do polietileno tereftalato para embalagens. In: **Seminário de Embalagem e Vida-de-Prateleira**, 1992, Campinas. Anais. Campinas: UNICAMP, 1993.
- RASSIS, D. & SAGUY, I.S. Kinetics of aseptic concentrated orange juice quality changes commercial processing and storage. **International Journal of Food Science and Technology**, Glasgow, v. 30, n. 2, p. 191-198, 1995.
- RICE, J. Pure-premium orange juice flavor protected for 56 days. **Food Processing**, Chicago, v. 49, n. 3, p. 64, 1988.
- ROMANO, M.A. & FARIA, J.A.F. Metodologia e aparelho para determinação volumétrica de materiais. In: **XIII Congresso Nacional de Ensaios Não Destrutivos**. 1994, Belo Horizonte. Anais. Minas Gerais: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.
- ROMANO, M.A. & FARIA, J.A.F. Avaliação da colapsagem de embalagem de óleos vegetais. **Óleos & Grãos**, São Paulo, v. 5, n. 27, p. 24-30, nov./dez. 1995.
- ROUSE, A. H. & ATKINS, C.D. Heat inactivation of pectinesterase in citrus juices. **Food Technology**, Chicago, v. 6, n. 8, p. 291-294, 1952.
- ROUSE, A. H. & ATKINS, C.D. Further results from a study on heat inactivation of pectinesterase in citrus juices. **Food Technology**, Chicago, v. 7, n. 6, p. 221-223, 1953.

- ROUSE, A. H., ATKINS, C.D. & HUGGARD, R.L. Effect of pulp quantity on chemical and physical properties of citrus juices and concentrates. **Food Technology**, Chicago, n. 8, p. 431-415, 1954.
- RYLEY, J. & KAJDA, P. Vitamins in thermal processing. **Food Chemistry**, Essex, v. 49, n. 1, p. 119-129, 1994.
- SADLER, C.E., WAUGH, P.L., EDSTAM, S. & ACKERMANN, P. Maintaining flavor and nutrient quality of aseptic orange juice. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 6, p. 152-159, 1988.
- SADLER, G.D., PARISH, M.E. & WICKER, L. Microbial, enzymatic and chemical changes during storage of fresh and processed orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 57, n. 5 p. 1187-1197, 1992.
- SALZBERG, S.P. & PEREIRA, J.L. **Microbiologia de alimentos**. Campinas: Unicamp/FEA, 1985. p. 1-73.
- SCHIMIDT, F.L. Deterioração de sucos de frutas em embalagens assépticas. Um "novo" microrganismo desponta: Alicyclobacillus acidoterrestris. **Informativo FRUTHOTEC**, Campinas, v. 2, n. 4, 1995.
- SHAW, P.E. & MOSHONAS, M.G. Ascorbic acid retention in orange juice stored under simulated consumer home conditions. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 3, p. 867-868, 1991.
- SHOMER, R., COGAN, U. & MANNHEIM, C.H. Thermal death parametres of orange juice and effect of minimal heat treatment and carbon dioxide on shelf-life. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 18, n. 4, p. 305-315, 1994.
- SIEBEL, J.F.F. **Microbiologia de processamento e caracterização das bactérias lácticas do suco de laranja**. Campinas, 1978, 102p. Tese (Mestre em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas.
- SILVA, N. & JUNQUEIRA, V.C. **Métodos de análise microbiológica de alimentos**: manual técnico nº 14. Campinas: ITAL, 1995, 229p.

- SIZER, C.E. WAUGH, P.L. EDSTAM, S. & ACKERMANN, P. Maintaining flavor and nutrient quality of aseptic orange juice. **Food Technology**, Chicago, v. 42, n. 6, p. 152-159, 1988.
- SOLOMON, O., SVANBERG, U. & SAHLSTRÖM, A. Effect of oxygen and fluorescent light on the quality of orange juice during storage at 8°C. **Food Chemistry**, Essex, v. 53, n. 4, p. 363-368, 1995.
- SOUZA, F.A.M. Descobriram o gargalo da laranja; azar do leite. **Marketing**, 31 jan 1997.
- SATTAR, A., DURRANI, M.J., KHAN, R.N. & HUSSAIN, B.H. Effect of packaging material and fluorescent light on HTST-pasteurized orange drink. . **Zeitschrift fuer Lebensmittel Untersuchung und Forschung**, Berlin, v. 188, n.5, p. 430-403, 1989. Apud: Food Chemistry, Essex, v. 53, n. 4, p. 363-368, 1995.
- TANIWAKI, M.N. & SILVA, N. **Fungos deterioradores de alimentos**. Campinas: ITAL, 1996. p. 1-36.
- TOCCHINI, R.P. **Efeito da temperatura e do tempo de armazenamento na qualidade do suco concentrado de laranja pasteurizado embalado assepticamente em Tetra-Brik**. Piracicaba, 1985. 51p. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- TOCCHINI, R.P., NISIDA, A.L.A.C. & BERBARI, S.A.G. Estabilidade do suco de laranja refrigerado, em condições definidas de distribuição e comercialização. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 128-132, 1993.
- TOCCHINI, R.P., NISIDA, A.L.A.C. & MARTIN, Z.J. Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas. **Manual do ITAL**, Campinas, 1995, p. 44-63.
- TOCCHINI, R.P. Suco de laranja fresco e pasteurizado. **Informativo FRUTHOTEC**, Campinas, v. 2, n. 3, p. 2, 1997.
- TRAMELL, D.J., DAL SIS, D.E. & MALONE, C.T. Effect of oxygen on taste, ascorbic acid loss and browning for HTST-asteurized, single-strenght orange juice. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 4, p. 1021-1023, 1986.

- UBOLDI EIROA, M.N. Microrganismos deteriorantes de sucos de frutas e medidas de controle. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 23, n. 3/4, p. 141-160, 1989.
- VANDERZANT, C. & SPLITTSTOESSER, D.F. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 3th ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 1992. 1219p.
- VERSTEEG, C., ROMBOUTS, C.H., SPAANSEN, H. & PILNIK, W. Thermostability and orange cloud destabilizing properties of multiple pectinesterases from orange. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 45, n. 4, p. 969-971, 998, 1980.
- VITALI, A.A. & RAO, M.A. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: serum viscosity and effect of pulp content. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 3, p. 876-881, 1984.
- XAVIER, R.L. & ORTIZ, S.A. **Controle de Qualidade de Embalagens de Vidro**. Campinas: ITAL/SBCTA, 1991. 110p.
- YOKOYA, F. & CANHOS, V.P. **Microbiologia de processos e produtos alimentícios** - volume II. Campinas: Unicamp, 1976. p. 356-394.
- ZANGELMI, A.C.B. Industrialização de citrus. **Boletim do ITAL**, Campinas, n.2, p. 59-70, jun. 1964.

ANEXO I

FICHAS SENSORIAIS

FICHA PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL DO SUCO DE LARANJA

Nome: _____ Data: _____

Por favor, avalie cada uma das amostras de suco de laranja e descreva o quanto você gostou ou desgostou usando a escala abaixo.

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

Número da Amostra

Valor

Agora, comente, por favor, o que você mais gostou e menos gostou em cada uma das amostras.

Número da Amostra

Mais Gostei

Menos Gostei

FICHA PARA AVALIAÇÃO SENSORIAL DO SUCO DE LARANJA

Nome: _____ Data: _____

Por favor, avalie cada uma das amostras de suco de laranja **EM RELAÇÃO AO SABOR** e descreva o quanto você gostou ou desgostou do **SABOR** de cada amostra, usando a escala abaixo.

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

Número da Amostra

Valor

Agora, comente, por favor, o que você mais gostou e menos gostou **EM RELAÇÃO AO SABOR** de cada uma das amostras.

Número da Amostra

Mais Gostei

Menos Gostei

ANEXO II

LEVANTAMENTO DOS TERMOS CITADOS NAS AVALIAÇÕES SENSORIAIS

A seguir estão descritos alguns termos citados nas respostas das fichas do teste sensorial, correspondentes às perguntas para avaliação geral e quanto ao sabor: "Agora, comente, por favor, o que você mais gostou e menos gostou em cada uma das amostras", "Agora, comente, por favor, o que você mais gostou e menos gostou **EM RELAÇÃO AO SABOR** de cada uma das amostras". São eles:

Avaliação Geral

Mais gostei: "cor", "natural", "brilho", "doce", "acidez", "viscosidade", "processado", "amargo", "suave", "pouco ácido", "encorpado".

Menos gostei: "cozido", "cor artificial", "processado", "remédio", "ácido", "amargo", "passado", "aguado", "casca", "sumo", "óleo essencial", "cor pálida", "sólidos em suspensão", "aroma".

Avaliação quanto ao sabor

Mais gostei: "sabor natural", "sem amargor", "sabor forte", "ácido", "doce", "suave", "pouco óleo essencial", "característico de suco de laranja", "sumo", "processado".

Menos gostei: "doce", "ácido", "casca", "cozido", "sabor forte de óleo", "passado", "aguado", "óleo essencial", "amargo", "oxidado", "artificial", "metálico", "processado", "plástico".

ANEXO III

MÉDIAS

DESVIOS PADRÃO

E

RESULTADOS ESTATÍSTICOS

DAS

ANÁLISES QUÍMICAS E FÍSICAS

TABELA III.1 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de densidade relativa a 20°C em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	1,0426 ^a	0,0002	1,0434 ^a	0,0003	1,0352 ^a	0,0009	1,0354 ^a	0,0001
4	1,0422	0,0002	1,0418	0,0002				
7	1,0422	0,0000	1,0419	0,0001	1,0359	0,0001	1,0364	0,0000
10	1,0424	0,0002	1,0423	0,0002				
13	1,0429	0,0006	1,0421	0,0001	1,0353 ^a	0,0011	1,0362 ^b	0,0001
16	1,0422 ^{a, b}	0,0002	1,0424	0,0002				
19	1,0423	0,0002	1,0425 ^b	0,0002				
20					1,0349 ^a	0,0011	1,0359 ^c	0,0001
22	1,0424	0,0002	1,0423	0,0002				
25	1,0422	0,0000	1,0422	0,0000				
28	1,0421 ^b	0,0002	1,0420 ^b	0,0002				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.2 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de sólidos solúveis em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	10,8 ^a	0,0	10,7 ^a	0,1	9,24 ^a	0,06	9,11 ^a	0,06
4	10,7	0,1	10,6	0,1				
7	10,8	0,1	10,6	0,1	9,78	9,48	9,27	9,27
10	10,9	0,1	10,8	0,2				
13	10,8	0,1	10,7	0,2	9,16 ^a	0,06	9,16 ^a	0,06
16	10,7 ^a	0,1	10,6	0,1				
19	10,9	0,1	10,8 ^a	0,1				
20					9,16 ^a	0,06	9,02 ^b	0,06
22	10,9	0,1	10,9	0,1				
25	10,9	0,1	10,8	0,2				
28	10,9 ^a	0,2	10,7 ^a	0,0				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.3 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de acidez total titulável em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	0,36 ^a	0,01	0,35 ^a	0,00	0,50 ^a	0,00	0,50 ^a	0,01
4	0,40	0,00	0,39	0,00				
7	0,41	0,01	0,39	0,00	0,50	0,00	0,51	0,00
10	0,41	0,01	0,38	0,02				
13	0,40	0,00	0,39	0,00	0,50 ^a	0,00	0,50 ^a	0,00
16	0,40 ^{a, b}	0,01	0,39	0,00				
19	0,43	0,02	0,39 ^{a, b}	0,01				
20					0,50 ^a	0,00	0,51 ^a	0,02
22	0,42	0,01	0,40	0,01				
25	0,43	0,02	0,40	0,02				
28	0,43 ^b	0,03	0,40 ^b	0,01				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.4 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos do *ratio* em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	29,85 ^a	0,48	30,16 ^a	0,29	18,49 ^a	0,00	18,30 ^a	0,00
4	27,16	0,44	27,65	0,11				
7	26,43	0,93	27,10	0,45	18,92	0,51	18,35	0,51
10	26,76	0,77	28,27	1,17				
13	27,02	0,47	27,38	0,53	18,49 ^a	0,16	18,25 ^a	0,16
16	26,45 ^b	0,73	26,90	0,29				
19	25,61	1,02	27,49 ^b	0,43				
20					18,24 ^b	0,19	17,60 ^a	0,19
22	25,87	0,76	27,11	0,65				
25	25,31	1,17	27,34	1,43				
28	25,22 ^b	1,30	26,71 ^c	0,34				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.5 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de pH em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	3,97 ^a	0,00	4,00 ^a	0,01	4,28 ^a	0,01	4,27 ^a	0,01
4	3,95	0,02	3,96	0,03				
7	3,97	0,02	3,96	0,01	4,26	0,01	4,25	0,02
10	3,97	0,02	3,97	0,01				
13	3,96	0,02	3,95	0,00	4,25 ^a	0,01	4,25 ^a	0,02
16	3,94 ^a	0,01	3,96	0,02				
19	3,97	0,03	3,99 ^a	0,00				
20					4,27 ^a	0,02	4,28 ^a	0,02
22	3,96	0,03	3,98	0,02				
25	3,97	0,03	4,02	0,07				
28	3,98 ^a	0,04	4,00 ^a	0,03				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.6 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de sólidos em suspensão em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	5,8 ^a	0,6	8,8 ^a	0,6	10,7 ^a	0,8	9,7 ^a	1,0
4	7,7	1,2	9,0	0,5				
7	10,8	0,3	8,7	0,3	12,0	0,5	10,8	0,3
10	11,0	0,9	9,0	0,5				
13	10,7	0,3	9,2	0,6	12,2 ^a	0,3	11,7 ^b	0,3
16	10,3 ^{a, b}	1,8	9,3	0,8				
19	10,8	0,0	8,8 ^a	0,0				
20					11,5 ^a	0,5	10,5 ^{a, b}	0,0
22	12,5	3,1	7,5	0,5				
25	11,8	1,0	8,0	0,5				
28	12,7 ^b	2,0	7,2 ^a	1,2				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.7 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de ácido ascórbico em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	50,07 ^a	0,25	49,06 ^a	0,25	32,11 ^a	2,93	31,20 ^a	1,97
2	42,58	0,70	43,02	0,28				
4	46,60	0,88	46,77	0,29				
7	43,55	0,28	42,90	0,49	28,07	0,12	25,43	0,51
10	44,73	0,79	44,55	0,30				
13	39,39	0,74	41,70	0,24	26,46 ^{a, b}	0,75	26,13 ^b	0,49
16	39,29 ^b	0,49	39,93	0,74				
19	39,16	1,43	39,33 ^b	1,59				
20					24,35 ^b	0,67	22,41 ^c	0,17
22	40,17	2,90	40,87	0,30				
25	38,62	2,43	38,13	4,31				
28	38,40 ^b	1,58	38,40 ^b	1,72				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.8 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de atividade de pectinesterase em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	3,04 ^a	0,46	0,62 ^a	0,21	10,38 ^a	1,32	0,41 ^a	0,11
4	5,35	0,80	0,47	0,19				
7	4,48	1,45	0,85	0,47	8,87	0,05	0,58	1,82
10	3,92	0,81	0,32	0,21				
13	5,70	0,64	0,67	0,18	9,46 ^a	0,41	0,52 ^a	0,19
16	4,58 ^a	1,29	0,71	0,34				
19	3,93	0,75	0,47 ^a	0,00				
20					10,76 ^a	0,35	0,90 ^a	0,19
22	4,73	1,79	0,70	0,10				
25	3,56	0,59	0,35	0,04				
28	4,30 ^a	0,48	0,46 ^a	0,12				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.9 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de cor para o valor L em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	55,05 ^a	0,44	54,42 ^a	0,07	57,75 ^a	0,19	57,29 ^a	0,19
4	54,32	0,35	53,63	0,09				
7	53,08	0,57	54,47	0,71	57,97	0,05	57,65	0,08
10	52,91	0,56	54,79	0,07				
13	53,74	0,26	53,59	0,38	58,09 ^a	0,09	57,51 ^a	0,14
16	54,13 ^a	1,07	53,39	0,02				
19	53,80	0,53	53,57 ^b	0,06				
20					58,02 ^a	0,17	57,44 ^a	0,07
22	53,05	0,51	53,61	0,23				
28	51,42 ^b	0,16	51,58 ^c	0,29				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.10 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de cor para o valor a em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	6,85 ^a	0,02	7,13 ^a	0,02	7,53 ^a	0,03	7,45 ^{a, b}	0,10
4	7,04	0,09	7,13	0,02				
7	7,66	0,29	6,63	0,36	7,55	0,06	7,28	0,03
10	7,83	0,37	6,58	0,04				
13	7,35	0,08	7,21	0,18	7,57 ^a	0,02	7,52 ^a	0,02
16	7,08 ^a	0,26	7,25	0,16				
19	7,43	0,45	7,43 ^b	0,08				
20					7,37 ^b	0,04	7,28 ^b	0,01
22	7,98	0,31	7,40	0,12				
28	7,72 ^a	0,37	7,23 ^{a, b}	0,13				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)

TABELA III.11 Médias, desvios padrão e resultados estatísticos das análises de cor para o valor **b** em função do tempo de armazenamento para os processamentos 1 e 2

Tempo de Armazenamento (dias)	Processamento 1				Processamento 2			
	Lote 1		Lote2		Lote 1		Lote2	
	Média	dp	Média	dp	Média	dp	Média	dp
1	73,35 ^a	0,33	74,07 ^a	0,08	65,86 ^a	0,09	66,39 ^a	0,23
4	73,39	0,07	73,42	0,09				
7	74,05	0,82	71,54	0,98	65,40	0,05	65,53	0,15
10	74,26	1,17	71,12	0,07				
13	72,33	0,31	72,38	0,42	65,41 ^b	0,11	65,97 ^a	0,06
16	71,63 ^a	0,86	72,66	0,55				
19	72,67	1,52	73,09 ^a	0,35				
20					64,68 ^c	0,11	65,18 ^b	0,07
22	73,59	0,77	72,72	0,39				
28	71,10 ^a	1,65	70,23 ^b	0,72				

médias com o mesmo expoente, na mesma coluna (a, b), não são significativamente diferentes ($p < 0,05$)