

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

**Avaliação de processo de produção de água de coco
(*Cocus nucifera*) por ultrafiltração e envase asséptico em
garrafas de vidro**

Carolina Reinaldo de Sousa
Engenheira de Alimentos

Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria
Orientador

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

Campinas-SP
2006

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FEA – UNICAMP

So85a Sousa, Carolina Reinaldo de
Avaliação de processo de produção de água de coco
(*Cocos nucifera*) por ultrafiltração e envase asséptico em
garrafas de vidro / Carolina Reinaldo de Sousa. –
Campinas, SP: [s.n.], 2006.

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

1. Sistema asséptico. 2. Água de coco. 3.
Estabilidade. 4. Ultrafiltração. 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

Prof. Dr. Luiz Antônio Viotto
Membro

Prof. Dr. Carlos Alberto Rodrigues Anjos
Membro

Prof. Dr. Marcelo Cristianini
Membro

*“Vá tão longe quanto possa ver.
Quando chegar lá, você poderá ver mais longe ainda.”*

Carlye

*Dedico esta conquista aos meus pais, **Pedro e Odila**, por todo o amor,
ensinamentos, incentivos e paciência.*

AGRADECIMENTOS

*À Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP,
especialmente ao Departamento de Tecnologia de Alimentos
pela oportunidade profissional e pessoal.*

À Capes pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste projeto.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

A Deus por me conceder uma vida repleta de bênçãos e realizações.

*Ao Prof. Dr. José de Assis Fonseca Faria pela confiança
e apoio na orientação do trabalho.*

Ao Prof. Viotto pela amizade, confiança, dedicação, apoio e aprendizado.

*À minha família, em especial aos meus irmãos, Tereza, Pedrinho e Iracema,
pelo carinho e pela torcida,
e aos meus sobrinhos, Lipe e Bebel, pelos muitos momentos de alegria.*

*À Profa. Dra. Hélia e Profa. Dra. Cida pelas sugestões
e auxílio nas análises dos resultados.*

*Aos professores membros da banca pelas sugestões e contribuições
apresentadas.*

*Aos amigos e companheiros de laboratório
Laura, Karin, Rodrigo e Anna Cecília,
que me ensinaram muito a cada dia de trabalho e convivência!*

À Ana Silvia e Terezinha pela sincera amizade, carinho e incentivo.

*Aos amigos e funcionários do Departamento de Tecnologia de Alimentos
Ana Lourdes, Alice, Ana Koon, Adauto, Bete, Bernadete, Renata, Nelson,
Priscila, Dona Denir, Ana Maria e Marlene
pelo auxílio essencial e pelo aprendizado.*

*Aos amigos de todos os momentos – “Figuras especiais”: Lu, Mari, Manu, Nê,
Rafinha, Pri Mamede, Vanessa, Renata, Eduardo, Suzi, Dudinha, Janai,
Noemi, Soninha, Renata Torrezan, Berna.
Obrigada por fazerem parte da minha vida!*

À Márcia pelo auxílio essencial, incentivo e amizade.

À Karina por me ajudar com carinho e amizade nos experimentos.

*Aos amigos Michela, Raphael, Bel, Fernanda, Luciene, Pri Hoffman,
Camila, Fabio, Rodrigo,
pela colaboração nos processamentos e pela sincera amizade.*

*Aos amigos da Vivenda Universitária, em especial à Ana, Cynthia e
Pri Rocha, pela carinhosa amizade.*

À Rô por me auxiliar com as análises e pela amizade.

*Aos amigos da Biblioteca e do Centro de Informática da FEA,
sempre dispostos a ajudar.*

*Aos novos amigos da Nutty, em especial ao Daniel, Adriana, Sil, Ju, Paty,
Flávio e Jeanne, pela força e carinho
nesta nova fase da minha vida.*

*Por todas as amizades que nasceram nesta etapa, e a todos os amigos(as) desta
vida, que de uma maneira ou de outra me incentivaram e contribuíram para
tornar possível a realização deste trabalho!*

Meus mais sinceros agradecimentos...

Carolina

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIX
RESUMO.....	XX
SUMMARY	XXI
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - OBJETIVOS.....	6
3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
3.1 - ÁGUA DE COCO.....	7
3.2 - PROCESSAMENTO DA ÁGUA DE COCO	9
3.3 - TECNOLOGIA DE MEMBRANAS	11
3.3.1 - Processos de Filtração	11
3.3.2 - Características das Membranas	13
3.3.3 - Tipos e Propriedades das Membranas.....	13
3.3.4 - Tipos de Processos e Escoamento	15
3.3.5 - Fatores que Limitam o Fluxo de Permeado.....	19
3.3.6 - Parâmetros Operacionais dos Processos de Membrana.....	22
3.3.7 - Parâmetros Importantes para a Análise do Desempenho e Eficiência do Processo	23
3.3.8 - Aplicação da Tecnologia de Membranas no Setor Industrial.....	24
3.4 - PROCESSAMENTO ASSÉPTICO	25
3.5 - TECNOLOGIA DE SALAS LIMPAS	27
3.6 - ESTERILIDADE COMERCIAL.....	27
3.7 - ESTERILIZAÇÃO DA EMBALAGEM	28
3.8 - ESTABILIDADE DE ALIMENTOS PROCESSADOS.....	30
3.8.1 - Desenvolvimento Microbiano.....	30
3.8.2 - Temperatura	31
3.8.3 - Disponibilidade de oxigênio	32

3.8.4 - Luz incidente	33
3.8.5 - Transformações Físicas e Químicas	33
3.8.6 - Barreira e Formato da Embalagem	35
4 - MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 - COCO VERDE (<i>COCUS NUCIFERA</i>)	36
4.2 - EMBALAGEM	36
4.3 - PLANTA PILOTO.....	37
4.4 - MEMBRANAS DE ULTRAFILTRAÇÃO	37
4.5 - SANITIZANTE QUÍMICO.....	38
4.6 - SALA LIMPA.....	38
4.7 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO	38
4.7.1 - Higienização dos cocos	38
4.7.2 - Extração da água de coco	39
4.7.3 - Adição de ácido ascórbico.....	40
4.7.4 - Esterilização de embalagens.....	41
4.7.5 - Processamento da água de coco	41
4.7.5.1 - Processos preliminares	41
4.7.5.2 - Processos finais	41
4.7.5.3 - Acondicionamento asséptico	41
4.8 - DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS	42
4.9 - SANITIZAÇÃO E ESTERILIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	44
4.8.1 - Limpeza CIP da linha de processamento	44
4.8.1.1 - Pré-lavagem	44
4.8.1.2 - Limpeza ácida	44
4.8.1.3 - Enxágue	45
4.8.1.4 - Limpeza alcalina.....	45
4.8.1.5 - Enxágue final.....	45
4.8.2 - Limpeza do tanque asséptico e válvula de envase	45
4.8.3 - Sanificação da sala limpa.....	46
4.8.4 - Limpeza da membrana.....	46

4.8.5 - Esterilização da linha de processamento e envase	47
4.9 - AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO SISTEMA ASSÉPTICO	48
4.9.1 - Controle de microrganismos presentes no ar do ambiente de envase	48
4.9.2 - Monitoramento da higienização de equipamentos	48
4.10 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE COCO	48
4.10.1 - Análises físico-químicas	48
4.10.2 - Determinação da atividade enzimática	50
4.10.3 - Determinação do oxigênio dissolvido	50
4.11 - ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	51
4.11.1 - Contagem padrão	51
4.11.2 - Contagem de bolores e leveduras	51
4.11.3 - Contagem de microrganismos do grupo coliformes	51
4.11.4 - Detecção de <i>Salmonella</i>	52
4.12 - TESTE DE ESTERILIDADE COMERCIAL	52
4.12.1 - Incubação das amostras	52
4.12.2 - Inspeção visual dos lotes	52
4.12.3 - Determinação do pH	52
4.12.4 - Procedimento microbiológico para detecção de contaminantes ...	53
4.13 - AVALIAÇÃO SENSORIAL	54
4.14 - AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA ÁGUA DE COCO PROCESSADA	54
4.15 - ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	55
5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1 - PROCESSAMENTOS PRELIMINARES	56
5.1.1 - Processo A	56
5.1.1.1 - Avaliação da água de coco	58
5.1.1.1.1 - Atividade enzimática	58
5.1.1.1.2 - Análises microbiológicas	60
5.1.2 - Processo B	61
5.1.2.1 - Avaliação da água de coco	63

5.1.2.1.1 - Atividade enzimática	63
5.1.2.1.2 - Análises físico-químicas.....	65
5.1.2.1.3 - Análises microbiológicas	67
5.1.3 - Processo C	67
5.1.3.1 - Avaliação da água de coco.....	68
5.1.3.1.1 - Atividade enzimática	68
5.1.3.1.2 - Análises físico-químicas.....	70
5.1.3.1.3 - Análises microbiológicas	71
5.2 - PROCESSAMENTOS DEFINITIVOS	72
5.2.1 - Composição química	72
5.2.2 - Caracterização físico-química da água de coco	75
5.3 - PROCESSO ASSÉPTICO	78
5.3.1 - Avaliação de desempenho do sistema asséptico	78
5.3.2 - Avaliação da água de coco.....	79
5.3.2.1 - Análises microbiológicas da matéria-prima	79
5.3.2.2 - Determinação do pH.....	80
5.3.2.3 - Teste de esterilidade comercial	80
5.3.2.4 - Procedimento microbiológico para detecção de contaminantes.....	81
5.4 - AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DA ÁGUA DE COCO	82
5.4.1 - Análises físico-químicas	82
5.4.1.1 - pH.....	86
5.4.1.2 - Acidez total titulável.....	87
5.4.1.3 - Teor de ácido ascórbico	88
5.4.1.4 - Teor de oxigênio dissolvido	91
5.4.1.5 - Cor e turbidez	92
5.4.1.6 - Atividade enzimática.....	97
5.4.2 - Análises microbiológicas	99
5.4.3 - Avaliação sensorial.....	100
5.4.4 - Correlações entre fatores relacionados à estabilidade	106

5.4.4.1 -	Correlação do pH com a acidez total titulável.....	106
5.4.4.2 -	Correlação do teor de ácido ascórbico com o teor de oxigênio dissolvido	108
6 -	CONCLUSÕES	109
7 -	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
8 -	ANEXOS	129

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Composição química e físico-química da água de 30 cocos obtidas de amostras em triplicata.	8
Tabela 2 - Características dos processos de membranas	18
Tabela 3 – Descrição dos processos.	43
Tabela 4 - Atividade enzimática da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada.	59
Tabela 5 - Caracterização microbiológica para a água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada.....	61
Tabela 6 - Atividade enzimática da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada.	64
Tabela 7 - Análises físico-químicas da água de coco <i>in natura</i> e processada.	66
Tabela 8 - Caracterização microbiológica para a água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada.....	67
Tabela 9 - Atividade enzimática da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada.	69
Tabela 10 - Análises físico-químicas da água de coco <i>in natura</i> e processada. ...	70
Tabela 11 - Caracterização microbiológica para a água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada.....	71
Tabela 12 – Composição química da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada do processo D.	73
Tabela 13 - Composição química da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada do processo E.	73
Tabela 14 - Caracterização físico-química da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada do processo D.....	75
Tabela 15 - Caracterização físico-química da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada do processo E.....	76
Tabela 16 - Caracterização físico-química da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada do processo F.	76
Tabela 17 - Leitura de pH a 25°C em amostras de água de coco processada após incubação a 35°C/10 dias.....	81
Tabela 18 - Valores médios das análises físico-químicas durante o tempo de estocagem sob refrigeração para o processo D.....	82
Tabela 19 - Valores médios das análises físico-químicas durante o tempo de estocagem sob refrigeração para o processo E.	83
Tabela 20 - Análises físico-químicas da água de coco e processada durante o tempo de estocagem do processo F.	83

Tabela 21 - Variação média da cor em função do tempo de armazenamento (0 a 90 dias) da água de coco estocada sob refrigeração para o processo D.....	93
Tabela 22 - Variação média da cor em função do tempo de armazenamento (0 a 90 dias) da água de coco estocada sob refrigeração para o processo E.....	93
Tabela 23 - Análises físico-químicas da água de coco <i>in natura</i> e processada durante o tempo de estocagem do processo F.	94
Tabela 24 - Atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase da água de coco <i>in natura</i> e processada do processo F.....	98
Tabela 25 - Contagem microbiológica para a água de coco <i>in natura</i>	99
Tabela 26 - Média das notas dos testes de aceitação da água de coco processada durante o tempo de estocagem do processo D.	101
Tabela 27 - Média das notas dos testes de aceitação da água de coco processada durante o tempo de estocagem do processo E.	101
Tabela 28 - Média das notas dos testes de aceitação da água de coco <i>in natura</i> e ultrafiltrada do processo F.....	104
Tabela 29 - Contagem de partículas totais em suspensão na sala limpa.	129
Tabela 30 - Contagem de microrganismos em suspensão na sala limpa.	129

Índice de Figuras

Figura 1 - Principais características dos processos que utilizam diferença de pressão como força motriz.	16
Figura 2 - Comparação entre filtração estática (a) e dinâmica ou tangencial (b). .	19
Figura 3 - Declínio do fluxo de permeado com o tempo de operação.	22
Figura 4 - Diagrama simplificado do processo asséptico.	26
Figura 5 - Detalhamento do sistema de extração de água de coco.	40
Figura 6 - Fluxograma dos processos da água de coco verde.	42
Figura 7 - Comportamento do fluxo de permeado durante a ultrafiltração de água de coco na membrana tubular de cerâmica de alumina de 50kDa de massa molecular de corte.	57
Figura 8 - Comportamento do fluxo de permeado durante a ultrafiltração de água de coco na membrana hollow fiber de polissulfona de 10kDa de massa molecular de corte.	62
Figura 9 - Comportamento do fluxo de permeado durante a ultrafiltração de água de coco na membrana hollow fiber de polissulfona de 10kDa de massa molecular de corte.	68
Figura 10 - Variação do pH da água de coco refrigerada em função do tempo de estocagem.	86
Figura 11 - Variação da acidez total da água de coco processada em função do tempo de estocagem.	87
Figura 12 - Variação do teor de ácido ascórbico da água de coco processada em função do tempo de estocagem.	88
Figura 13 - Variação do teor de oxigênio dissolvido na água de coco processada em função do tempo de estocagem.	91
Figura 14 - Valores de L* (Luminosidade) no sistema Hunter para a água de coco em função do tempo de estocagem.	95
Figura 15 - Valores de a* (intensidade de verde) no sistema Hunter para a água de em função do tempo de estocagem.	95
Figura 16 - Valores de b* (intensidade de amarelo) no sistema Hunter para a água de coco em função do tempo de estocagem.	96
Figura 17 - Valores da turbidez no sistema Hunter para a água de coco em função do tempo de estocagem.	96
Figura 18 - Variação do nível de aceitação sensorial para o atributo sabor da água de coco refrigerada em função do tempo de estocagem.	103

Figura 19 - Variação do nível de aceitação sensorial para o atributo impressão global da água de coco refrigerada em função do tempo de estocagem.	103
Figura 20 – Correlação entre a variação do pH e da acidez total titulável da água de coco refrigerada.	106
Figura 21 - Correlação entre a variação do pH e da acidez total titulável da água de coco estocada a temperatura ambiente.	107
Figura 22 - Correlação entre a variação dos teores de ácido ascórbico e oxigênio dissolvido da água de coco estocada sob refrigeração e a temperatura ambiente.....	108

Índice de Anexos

Anexo 1 - Contagem de partículas totais e viáveis na sala limpa.....	129
Anexo 2 - Ficha utilizada na avaliação sensorial de água de coco.....	130
Anexo 3 - Histogramas de frequência de notas dos testes de aceitação da água de coco.....	131
Anexo 4 - Histogramas de intenção de compra dos provadores na avaliação sensorial da água de coco.....	137

RESUMO

A água de coco verde no interior do fruto é estéril, porém, durante a sua extração e envase, podem ocorrer contaminações microbiológicas e alterações bioquímicas, com perda de qualidade do produto e redução do seu valor comercial. Este trabalho teve como objetivo estudar a conservação da água de coco verde através do processo de ultrafiltração e posterior envase asséptico em garrafas de vidro. A água de coco foi extraída de cocos verdes (*Cocos nucifera*), adicionada de 200mg/L de ácido ascórbico e filtrada em membrana de ultrafiltração de 10kDa de massa molecular de corte. O acondicionamento foi realizado em sala limpa ISO classe 7 em embalagens de vidro previamente esterilizadas. A eficiência do processo foi avaliada através do fluxo de permeado e da caracterização microbiológica, físico-química, bioquímica e sensorial dos produtos obtidos. A água de coco ultrafiltrada foi armazenada sob refrigeração (4°C) durante 90 dias e à temperatura ambiente por um período de 30 dias e analisadas quinzenalmente. O processo de ultrafiltração reduziu a turbidez, o teor de ácido ascórbico e de proteína da água de coco, mas apresentou boa aceitabilidade sensorial. O pH, acidez total titulável, teor de ácido ascórbico e teor de oxigênio dissolvido variaram significativamente durante o tempo de estocagem. A água de coco estocada à temperatura ambiente apresentou maior alteração quanto aos parâmetros analisados do que a água de coco estocada sob refrigeração, sem, todavia, apresentar alteração microbiológica.

SUMMARY

The green coconut water inside of the fruit is sterile, however, during its extration and bottling, can occur microbiologicals contaminations and byochemical alterations, resulting in loss of product quality and reduction of its commercial value. This work had the objective to study the conservation of the green coconut water obtained by ultrafiltration and filled aseptically in glass bottles. The coconut water was extracted of green coconuts (*Cocus nucifera*), added of 200mg/L of ascorbic acid and filtered in a membrane of 10kDa of weight cut off. The filling operation was carried in an ISO class 7 clean room in glass packages previously sterilized. The efficiency of the process was evaluated by measuring the permeate flux, microbiological count, physical-chemical analises and sensorial characterization of the product. The ultrafiltered coconut water was stored under refrigeration (4°C) during 90 days and at ambient temperature for a period of 30 days and analyzed every 15 days. The ultrafiltration process reduced the haze, the ascorbic acid and protein content of the coconut water, but it presented good sensorial acceptability. The pH, titulable total acidity, ascorbic acid and dissolved oxygen content varied significantly during the storage. The coconut water stored at ambient temperature presented greater alteration of the analyzed parameters than the water of coconut stored under refrigeration, however, without presenting microbiological alteration.

1 - INTRODUÇÃO

O coqueiro constitui-se em uma das mais importantes culturas permanentes no Brasil. A região Nordeste do Brasil é responsável por aproximadamente 93% da área destinada à cultura, que concentra-se nos Estados da Bahia, Sergipe e Ceará. Conforme dados do SINDICOCO (2001), a cultura ocupa cerca de 300 mil hectares de todo o Brasil, sendo 75% no Nordeste. Atualmente, segundo estimativas da Associação Brasileira de Coco (Abrascoco), a produção brasileira de coco é de um bilhão de frutos (ARAGÃO, 2002).

No Brasil, o coqueiro é explorado basicamente para o uso do fruto. A produção de coco (*Cocus nucifera*) está quase que totalmente dirigida para a nutrição humana tanto em sua forma *in natura* quanto na de produtos industrializados. Desta produção 35 a 40% é destinada a agroindústrias para a obtenção de diversos produtos, tais como farinha, leite, creme *in natura* para uso domiciliar e 20% destina-se à comercialização de sua água. O que resta da produção é vendida informalmente para utilização doméstica em diferentes usos culinários regionais (HOFFMANN et al., 2002).

O interesse de produtores e grupos empresariais pela cultura do coco vem aumentando nos últimos anos, preferencialmente para a implantação de áreas com coqueiros anões. A maior microrregião produtora de coco anão do país é o vale submédio do Rio São Francisco. A água de coco mais consumida é a que se encontra no coco *in natura* na forma verde. O consumo da água do fruto imaturo, de excelentes qualidades sensoriais, está aumentando no mercado interno numa extensão de 20 % ao ano. O Brasil produz cerca de 500 milhões de litros de água de coco por ano, onde 7% deste total é destinado à exportação (ABREU, 1999; ARAGÃO, 2002; DAVID; FERNANDEZ, 1998; SCHMIDT et al., 2004; LEBER; FARIA, 2004, AGÊNCIA BRASIL, 2004).

A água de coco é uma bebida nutritiva, refrescante e saborosa, que ganhou popularidade e teve seu consumo mundial incrementado, principalmente pelas suas qualidades saudáveis. Devido ao seu elevado teor de sais, composição microbiológica próxima do soro glicosado isotônico e, graças ao seu sabor adocicado, é muito usada com fins medicinais como: repor perdas eletrolíticas (desidratação), aliviar problemas estomacais, combater verminoses, ajudar a manter o equilíbrio de líquidos e o equilíbrio sanguíneo no corpo e regular os mecanismos de contração dos músculos, evitando a desidratação e o desgaste físico (VAL, 1992; GONZALEZ, 1990; ARAGÃO; ISBERNER; CRUZ, 2002; LEITE et al., 2000).

A água de coco verde representa, aproximadamente, 25% da amêndoa do fruto, sendo que a quantidade volumétrica varia de 300 a 600mL, dependendo da cultivar. O tipo mais indicado para a obtenção da água de coco é o coco proveniente do coqueiro-anão, por gerar maior volume de líquido e maior doçura na bebida (ARAGÃO, 2002; GONZALEZ, 1990; SILVA, 1972).

A água de coco tem sido consumida *in natura*, próximo a área de produção, ao longo de toda a costa brasileira e, também, nos centros urbanos de todo o país. Tradicionalmente, a água de coco é comercializada dentro do próprio fruto, prática que envolve problemas relacionados a transporte, armazenamento e perecibilidade do produto e pode causar uma perda de até 20% na quantidade de frutos produzidos. O mercado de água de coco no Brasil ficou reprimido por muitos anos devido à dificuldade de transporte e manuseio do produto. A fim de permitir o seu consumo em locais fora das regiões produtoras, é fundamental a sua industrialização, visando diminuir o volume e o peso transportados e, conseqüentemente, reduzir os custos de transporte, bem como aumentar a sua vida de prateleira (RANIERI, 2000; SCHMIDT et al., 2004; ARAGÃO, 2002).

A água de coco engarrafada vem se constituindo em um produto de

elevada aceitação em locais onde não há disponibilidade de coco *in natura*, embora o processo de sua obtenção seja pouco difundido na região Nordeste. O vale submédio do Rio São Francisco já iniciou o envase da água de forma industrial e procura resolver os problemas de comercialização e logística para se firmar no mercado (HOFFMANN et al., 2002).

A aplicação de tecnologias de processamento e conservação da água de coco, como pasteurização, congelamento ou esterilização, viabiliza o comércio deste produto e otimiza o aproveitamento da fruta. A água de coco verde envasada insere-se na linha dos produtos de conveniência, apresentando praticidade no manuseio e estocagem e uma vida de prateleira prolongada (ABREU; ROSA, 2000).

Os processos de filtração com membranas destacam-se como alternativas aos processos convencionais de tratamento térmico. A membrana age como uma barreira permeável seletiva para separar um ou mais solutos de um fluido (líquido ou gasoso). Esses processos usam baixa temperatura minimizando danos térmicos, preservando o valor nutricional e sensorial, e contribuindo para a manutenção das características originais do produto. Em muitos casos, o baixo consumo de energia, a redução do número de etapas em um processamento, maior eficiência na separação e maior qualidade do produto final são os principais atrativos para estes processos (GIRARD; FUKUMOTO, 2000; STRATHMANN, 1990; MATTA; CABRAL; SILVA, 2004).

As membranas são porosas e sua seleção é determinada a partir da relação entre o tamanho e a forma dos solutos a serem fracionados e a distribuição do tamanho dos poros existentes na superfície da membrana. A membrana age como peneira molecular. A carga microbiana presente na água de coco pode ser eliminada, pois os microrganismos são maiores do que os poros de determinadas membranas. Dependendo das características da membrana

selecionada para o processamento, também as enzimas, que são macromoléculas, podem ser retidas. Por outro lado, os açúcares e sais minerais presentes na composição da água de coco permeiam através da membrana, pois apresentam tamanho menor do que o dos poros das membranas de ultrafiltração. No processamento de água de coco por ultrafiltração, um produto límpido, estéril e sem atividade enzimática pode ser obtido (ARAGÃO, 2002; ARAGÃO; ISNERNER; CRUZ, 2001).

Do ponto de vista econômico, os processos com membranas já se encontram mundialmente desenvolvidos, apresentando vários exemplos de aplicações industriais. Considerada como uma alternativa econômica para muitos processos de separação tradicionais, a tecnologia de filtração com membranas já encontrou uma grande aceitação dentro de muitos setores da indústria de alimentos. Embora o número de instalações no Brasil seja muito pequeno, em comparação com o resto do mundo, esse número pode ainda ser considerado elevado. O potencial para a instalação de sistemas de membranas para estabilização da água de coco verde é grande, uma vez que essa tecnologia vem sendo aplicada com sucesso para estabilização de diferentes sucos de frutas (ARAGÃO, 2002).

Em razão da facilidade de comercialização, há um aumento na procura pelo mercado, de produtos estáveis à temperatura ambiente. No entanto, para se obter produtos cuja comercialização possa ser feita sem a necessidade da cadeia de frio, estes precisam receber processos de industrialização adequados para torná-los estáveis quanto às alterações microbiológicas e enzimáticas (SILVA, 2004).

O acondicionamento asséptico de alimentos pré-esterilizados tem alcançado um elevado nível de tecnologia e está ganhando cada vez mais importância. Durante a última década, um grande desenvolvimento tem ocorrido nesta área, tornando-se tema de grande interesse entre os distribuidores e

fabricantes de alimentos e bebidas. Tal fato é consequência do aumento da vida útil do produto sem a necessidade de uso de refrigeração ou adição de conservadores químicos ao produto. Consequentemente, haverá diminuição de custos de distribuição e estocagem, além de uma maior conveniência no uso final (REUTER, 1993).

A tecnologia de salas limpas é uma alternativa que pode ser amplamente utilizada na indústria de alimentos em razão da crescente preocupação com o controle de contaminação na produção de alimentos. Esta tecnologia permite atender padrões rigorosamente definidos de pureza do ar, melhorando a qualidade e segurança dos alimentos (PETRUS; FARIA, 2003).

2 - OBJETIVOS

A presente pesquisa foi desenvolvida com os seguintes objetivos:

- Avaliar o processo de conservação de água de coco por ultrafiltração seguido de envase asséptico e acondicionado em garrafas de vidro, quanto as suas características físico-químicas e sensoriais.
- Estudar a estabilidade, através das análises físico-químicas, sensoriais e microbiológicas, e estimar a melhor vida útil da água de coco envasada.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 - Água de Coco

A água de coco é a parte líquida natural extraída do fruto do coqueiro. Ela é tecnicamente definida como o líquido do endosperma e corresponde a aproximadamente 25% do peso de todo o coco. Esta solução aquosa é composta por 93% de água e é formada desde os primeiros estágios da formação do fruto, em sua cavidade, até que a mesma seja totalmente preenchida (TOCCHINI, 1998; WOSIACKI; DEMIATE; MELLO, 1996).

A água de coco é ligeiramente ácida ($\text{pH} \pm 5,5$), pouco turva a transparente, incolor, não viscosa e com sabor levemente adocicado, sendo constituída principalmente por minerais e açúcares e, em menores quantidades por substâncias nitrogenadas (aminoácidos) e gorduras, além de vitaminas e auxínicos ou substâncias promotoras do crescimento, que ainda não foram identificadas (MEDINA et al., 1980; MACIEL; OLIVEIRA; SILVA, 1992; CAMPOS et al., 1996; SREBERNICH, 1998).

Dentre os componentes da água de coco, os açúcares têm grande importância. A colheita deve ser feita entre o sexto e o oitavo mês de desenvolvimento, já que a concentração de açúcares redutores atinge um nível máximo de 5% ao redor do sexto e sétimo mês. Este é também o momento em que o volume de água é maior. Portanto, é o mais indicado para a extração da água de coco (LEBER, 2001).

A Tabela 1 apresenta as composições química e físico-química obtidas de 30 amostras de coco em triplicata.

Tabela 1 – Composição química e físico-química da água de 30 cocos obtidas de amostras em triplicata.

Parâmetro	Composição
Água (g/100mL)	94,20
Sólidos totais (g/100mL)	5,80
Sólidos solúveis (°Brix)	5,27
Açúcares totais (g/100mL)	5,30
Açúcares redutores (g/100mL)	4,90
Açúcares não redutores (g/100mL)	0,40
Cinzas (g/100mL)	0,50
Proteínas (mg/100mL)	19,50
Lipídeos (mg/100mL)	11,00
Fenólicos totais (mg catequina/100mL)	6,86
Acidez total (mg ácido cítrico/100mL)	131,20
pH	5,20
Transmitância (%)	81,00

Fonte: Campos e outros (1996)

O interior do fruto é um ambiente estéril que permite conservá-la por longo tempo à temperatura ambiente, proporcionando uma apreciável vida útil. Entretanto, após sua extração do fruto, a água de coco torna-se uma bebida perecível, pois devido à sua própria composição e ao seu pH favorável, constitui um meio propício para o desenvolvimento de microrganismo. A água de coco é um bom meio para a cultura de fungos, leveduras, bactérias formadoras de ácido, larvas de moscas-das-frutas e, quando alcalinizada, para bactérias intestinais (LEITE et al., 2000; TOCCHINI, 1998; LEBER; FARIA, 2004).

A forma natural, consumida no próprio coco, é a mais comum e bastante representativa. Sendo o fruto produzido na região litorânea, a produção de água

de coco industrializada e comercializada em diferentes modalidades, iniciou-se com vistas ao consumo nas regiões distantes (LEBER, 2001).

Os elevados custos despendidos no transporte e distribuição, além do tempo e espaço requerido para a comercialização do fruto *in natura*, parecem inibir maior incremento no seu comércio. Apesar de ser crescente a demanda por produtos refrigerados e congelados, que conservam as características de alimento “fresco”, mesmo quando armazenando por longos períodos, as indústrias que processam o coco verde para obtenção de água tem enfrentado problemas de origem enzimática e/ou microbiológica que alteram as qualidades sensoriais e a potabilidade do produto (DAVID; FERNANDEZ, 1998; HOFFMANN et al., 2002).

3.2 - Processamento da Água de Coco

Os principais problemas na conservação da água de coco são: o aparecimento de turvação, formação de uma coloração rosada e alteração de sabor, devido à atividade enzimática e/ou fermentação indesejável, e da incorporação de oxigênio durante o processamento. A presença de enzimas é também responsável por variações nutricionais e sensoriais na água de coco. Um fator importante é o contato da água com a casca, rica em compostos fenólicos, pois, acredita-se que nesta etapa são arrastadas substâncias que podem atuar como substrato para o escurecimento enzimático e microrganismos deteriorantes, devido à ausência de higienização externa eficiente. O manuseio após a extração e o tempo decorrido entre a abertura do coco e o seu processamento pode prejudicar a qualidade do produto final (CURSINO et al., 1996; ABREU, 1999).

As enzimas presentes na água de coco responsáveis pelo escurecimento enzimático são a peroxidase e a polifenoloxidase. Segundo estudos realizados por Campos e outros (1996), as enzimas são inativadas através de um tratamento térmico à temperatura de 90°C e nos tempos de 550 e 310 segundos para a

polifenoloxidase e peroxidase, respectivamente. Porém, o tratamento a 90°C acima de 100 segundos afetou significativamente o sabor da água de coco gerando prejuízos à qualidade sensorial.

A água de coco congelada não recebe nenhum tipo de tratamento térmico e necessita ser descongelada para o consumo. A distribuição e comercialização são os pontos críticos porque ela deve ser mantida congelada à temperatura de no mínimo -18°C, para não quebrar a cadeia de congelamento, de modo a não comprometer a qualidade do produto. A água de coco refrigerada recebe um tratamento térmico de pasteurização, adição de conservadores, sendo comercializada refrigerada até a temperatura máxima de 10°C, para garantir a qualidade do produto até o consumo. Atualmente, a água de coco comercializada à temperatura ambiente é a esterilizada, envasada em sistema asséptico e acondicionada em embalagens cartonadas. O emprego de pasteurização, esterilização e congelamento, uso de conservadores e aditivos alteram o sabor da água de coco e não tem tido uma boa aceitação pelos consumidores (LEBER, 2001; ARAGÃO, 2002).

Luvielmo e outros (2004) realizaram um estudo de análise descritiva quantitativa da água de coco e comparou o efeito dos processos de congelamento, pasteurização convencional e pasteurização em microondas nas características sensoriais dos produtos. O congelamento foi o processo que preservou melhor as características do produto *in natura*. O processo de pasteurização convencional originou maior intensidade dos atributos de aroma e sabor de passado e aroma de ranço, enquanto que a água de coco pasteurizada em microondas apresentou os menores valores para a intensidade das características típicas de sabor e aroma de coco verde.

A inovação das embalagens e dos métodos de comercialização da água de coco traz ao consumidor a facilidade de encontrá-la em todas as estações do ano,

transportá-la com tranquilidade sem precisar, em alguns casos, de refrigeração e armazená-la ocupando menos espaço do que o próprio fruto (HOFFMANN et al., 2002).

Abreu (2005) avaliou um sistema asséptico para obtenção de água de coco verde. Os procedimentos de limpeza e esterilização da linha de processamento e acondicionamento e da sala limpa foram considerados apropriados para alcançar e manter a esterilidade nos processamentos. O tratamento térmico em temperaturas de 138 e 144°C, sem adição de ácido ascórbico, causou a formação instantânea de intensa coloração rosa na água de coco. A água de coco teve uma vida útil máxima de 30 dias. A baixa aceitação sensorial da água de coco foi atribuída às altas temperaturas que favoreceram a produção de compostos sensorialmente indesejáveis, como os produtos da degradação do ácido ascórbico. O tratamento térmico a 139°C por 10 segundos foi considerado o mais apropriado para processamento da água de coco no sistema asséptico, visto que, durante a estocagem por 120 dias, não foi observado escurecimento e nem acentuada degradação do ácido ascórbico.

3.3 - Tecnologia de Membranas

3.3.1 - Processos de Filtração

A filtração pode ser definida como um processo de separação de componentes de um fluxo de fluido. As tecnologias de processos de filtração com membranas porosas baseiam-se na permeação de um ou mais componentes de uma suspensão/solução através de uma membrana seletiva, permitindo, assim, a concentração, o fracionamento e a purificação destes compostos. O transporte pela membrana pode ocorrer por difusão ou convecção e é induzido por um gradiente de potencial químico (pressão, concentração e temperatura) ou potencial elétrico. Em função do transporte e da força-motriz, têm-se diferentes

processos de separação com membranas, dos quais podem-se destacar: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, osmose inversa, diálise, eletrodíálise, pervaporação e separação de gases (CHERYAN, 1998; BASSETTI, 2002; MULDER, 1991).

A membrana pode ser definida como uma barreira semipermeável especial que separa duas fases, permitindo a passagem do componente desejado e restringindo a transferência de outros componentes em uma mistura. Os componentes são diferencialmente separados de acordo com suas massas molares ou tamanho de partícula. A capacidade de filtração do processo resulta da diferença de pressão aplicada à membrana, das propriedades físicas da alimentação e do tamanho dos poros da membrana. A fase que atravessa a membrana denomina-se permeado e a fase que não atravessa denomina-se retentado (CHERYAN, 1998; STRATHMANN, 1990; GEKAS; BARALLA; FLORES, 1998).

A natureza da membrana controla quais componentes permearão e quais ficarão retidos. Sua seletividade está relacionada às dimensões da molécula ou partícula de interesse de separação e ao tamanho do poro, assim como à difusividade do soluto na matriz e às cargas elétricas associadas. Componentes menores que o tamanho do poro da membrana passam pela membrana enquanto componentes maiores são retidos. Isto implica no enriquecimento de um ou mais componentes tanto no permeado quanto na fase retida. Os componentes podem ser separados seletivamente de acordo com uma larga extensão de tamanhos de partículas e massas molares, de macromoléculas até íons (CHERYAN, 1998; DZIEZAK, 1990).

Geralmente o tamanho de poro de uma membrana é indicado na literatura e principalmente pelos fabricantes, através da massa molecular de corte (MWCO), que designa a massa molar do menor componente que será retido com uma

eficiência de pelo menos 95%. De modo geral, quando se trata da separação de macromoléculas, a unidade mais utilizada para a massa molar de corte é o Dalton. Para o poro de membranas de microfiltração, geralmente maior que o de membranas de ultrafiltração, é preferencialmente dado pelo diâmetro de poro em μm (MOLDER, 2000).

3.3.2 - Características das Membranas

As membranas podem ser classificadas, quanto à sua estrutura, como simétricas ou assimétricas. Essa assimetria é considerada em relação à estrutura interna das membranas. As simétricas possuem poros de tamanhos uniformes na seção transversal e as assimétricas possuem poros que normalmente crescem em direção oposta à superfície filtrante (CHERYAN, 1998).

A porosidade pode ser definida como a relação entre a parte sólida e os poros da membrana, ou seja, a “quantidade de vazios” em sua estrutura (porosidade global). Pode ser relativa à parte filtrante da membrana (pele filtrante) e, nesse caso, é expressa em poros/cm^2 (densidade dos poros). Quanto maior a porosidade da subcamada, menor será a resistência ao fluxo de solvente através da membrana. A determinação do diâmetro de poros de uma membrana é de grande importância para sua caracterização (CHERYAN, 1998).

De modo geral as características mais importantes das membranas são: espessura, diâmetro dos poros (seletividade), permeabilidade à água e porosidade. Outras características são fluxos de permeado, resistência térmica, química e mecânica (OSTERGAARD, 1989).

3.3.3 - Tipos e Propriedades das Membranas

De acordo com a evolução tecnológica, as membranas podem ser

classificadas em três classes distintas. As membranas da primeira geração são poliméricas densas (derivadas de acetato de celulose), caracterizam-se por serem mais espessas para obter-se resistência mecânica e, portanto, de baixo desempenho. São sensíveis ao pH (3 - 8) e a temperatura (máximo 50°C), além de serem susceptíveis aos microrganismos e desinfetantes. Essas foram desenvolvidas originalmente para dessalinização da água do mar (CHERYAN, 1998; PETRUS, 1997).

A evolução e expansão do uso da ultrafiltração em escala industrial tornaram-se possível após o descobrimento das membranas poliméricas assimétricas, elaboradas com polímeros sintéticos, principalmente derivados de polissulfona ou poliolefina, consideradas como de segunda geração. Foram introduzidas a partir de 1975, com diferentes composições químicas e propriedades funcionais, tais como as de poliamidas e polissulfonas. São resistentes à hidrólise (clivagem de ligações internas do polímero), aos ácidos e bases fortes e às altas temperaturas. No entanto, apresentam baixa resistência à compactação mecânica. São as membranas mais utilizadas na atualidade (BASSETTI, 2002; PETRUS, 1997).

O desenvolvimento das chamadas membranas de terceira geração, conhecidas como membranas dinâmicas, minerais ou inorgânicas, que são membranas assimétricas homogêneas ou compósitas, veio atender as necessidades de elevada resistência mecânica (suportando altas pressões), alta resistência química (toleram toda faixa de pH 0 a 14) e alta resistência térmica (superiores a 400°C). São membranas constituídas de material cerâmico à base de óxido de zircônio ou alumina depositados sobre uma superfície de grafite ou outros materiais. São quimicamente inertes e de custo muito mais elevado (CUPERUS; NIJHUIS, 1993; PETRUS, 1997).

As membranas sintéticas comerciais são produzidas a partir de duas

classes distintas de material: os polímeros, constituídos de material orgânico como acetato de celulose, poliamidas, polissulfonas, polifluoreto de vinilideno (PVDF) dentre outros; e os inorgânicos, como metais e materiais cerâmicos (CUPERUS; NIJHUIS, 1993).

Comercialmente, foram desenvolvidas quatro configurações diferentes: de placas, tubular, espiral e fibras ocas ou capilares. Cada tipo tem vantagens e desvantagens com relação ao desempenho, custos de investimentos e de operação, volume morto, relação área/volume e consumo de energia (DZIEZAK, 1990).

O mecanismo de separação no processo por membranas é influenciado por diversos parâmetros e que devem ser considerados para a seleção da membrana apropriada, que são (PAULSON; WILSON; SPATZ, 1984; KOSEOGLU; RHEE; LUSAS, 1989):

- condições de operação, como temperatura e pressão;
- pH da corrente de alimentação;
- dinâmica do fluido;
- velocidade do fluxo;
- composição da membrana, em função da compatibilidade química da membrana com a corrente de alimentação;
- superfície da membrana, devido às interações entre componentes da solução de alimentação e a superfície da membrana;
- configuração do equipamento.

3.3.4 - Tipos de Processos e Escoamento

Atualmente, os processos de separação por membrana de maior interesse na indústria de alimentos são a microfiltração, a ultrafiltração, a nanofiltração e a

osmose reversa. Estes processos diferem basicamente no tamanho médio dos poros das membranas filtrantes utilizadas em cada um deles, o que implica na necessidade de aplicação de diferentes faixas de pressão operacional para acelerar o processo de transporte. A Figura 1 esquematiza as diferenças entre os processos de membrana (GIRARD; FUKUMOTO, 2000).

Dimensões das partículas e moléculas (m) ↓		Técnica de Separação
Micro-organismos	10^{-5}	
	10^{-6}	
Macromoléculas e vírus	10^{-7}	
	10^{-8}	
Moléculas de médio PM	10^{-9}	
	10^{-10}	
Moléculas de baixo PM e íons		
Átomos		

Figura 1 - Principais características dos processos que utilizam diferença de pressão como força motriz.

A microfiltração utiliza pressões inferiores a 0,2MPa e separa moléculas entre 0,025 – 10 μ m, a ultrafiltração utiliza pressões superiores a 1MPa e separa partículas de massa molar entre 1 e 300KDa, a nanofiltração utiliza pressões entre

1 e 4MPa e realiza a separação de partículas de massa molar entre 350 a 1000Da, enquanto a osmose reversa utiliza pressões entre 4 e 10MPa e concentra partículas com massa molar menor que 350Da (SNAPE; NAKAGIMA, 1996).

Os processos de microfiltração, ultrafiltração e nanofiltração envolvem mecanismos de separação em membranas porosas, enquanto a osmose reversa é caracterizada pela utilização de membranas densas. As membranas de ultrafiltração e microfiltração apresentam como mecanismo de separação a exclusão por tamanho, determinada pelas dimensões das partículas em relação à distribuição de tamanho de poro da membrana. Já nos processos de nanofiltração e osmose reversa, as diferenças nos coeficientes de difusão dos componentes através da membrana e a afinidade destes em relação ao material da membrana determinariam a seletividade da mesma, consistindo em um fator adicional para a separação (CUPERUS; NIJHUIS, 1993).

A Tabela 2 apresenta as características dos principais processos de separação por membranas.

Tabela 2 - Características dos processos de membranas

Processos	Força Motriz	Permeado	Retentado
Osmose	Potencial químico	água	solutos
Diálise	Diferença de concentração	água e moléculas pequenas	moléculas grandes
Ultrafiltração	Pressão	água e moléculas pequenas	moléculas grandes
Osmose reversa	Pressão	água	solução concentrada
Microfiltração	Pressão	água e solutos dissolvidos	partículas em suspensão
Eletrodiálise	Força eletromotriz	água e solutos iônicos	solutos não iônicos

Fonte: Cheryan, 1998

A filtração convencional é um método de filtração em profundidade (*dead end*) onde o fluido, líquido ou gasoso, é alimentado perpendicularmente à superfície da membrana, como pode ser observado na Figura 2a. Os solutos se depositam sobre a superfície da membrana, sendo necessária a interrupção do processo para limpeza ou substituição do filtro. O uso de membranas em escala industrial só foi possível com a introdução dos sistemas tangenciais. Nessa técnica, o fluxo é bombeado paralelamente à superfície da membrana, conforme ilustrado na Figura 2b. Devido à alta velocidade ocorre o arraste dos solutos que tendem a se acumular na superfície, diminuindo a tendência para polarização da concentração e incrustação e tornando esse processo mais eficiente (CUPERUS; NIJHUIS, 1993; DZIEZAK, 1990; PAULSON; WILSON; SPATZ, 1984).

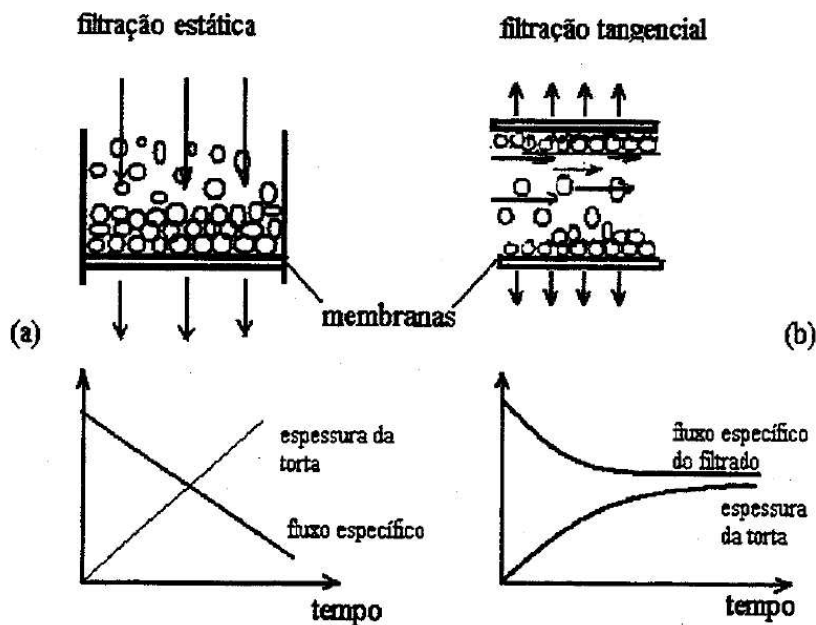


Figura 2 - Comparação entre filtração estática (a) e dinâmica ou tangencial (b).

Fonte: Scott (1997)

3.3.5 - Fatores que Limitam o Fluxo de Permeado

Durante o processo de separação por membranas, geralmente ocorre um declínio do fluxo de permeado com o tempo (a pressão constante). A redução do fluxo de permeado deve-se principalmente aos fenômenos de polarização por concentração, formação da camada de gel e colmatagem. Em qualquer processo com membranas, é importante minimizar a ocorrência desses fenômenos, porque eles reduzem a produtividade e podem alterar a qualidade do produto final.

A partir do início do processo de filtração, ocorre um acúmulo de solutos próximo à superfície da membrana, por transporte convectivo, onde parte do solvente é removida do fluido, o que ocasiona uma maior concentração de solutos

na superfície da membrana em relação à da solução. Esse aumento da concentração de solutos na superfície da membrana é conhecido como polarização por concentração e é responsável pela diferença observada entre o fluxo de permeado final e inicial, comparando-se com o fluxo de água pura (CHERYAN, 1998).

A camada de gel ocorre quando na superfície da membrana há uma precipitação de macromoléculas. A formação da camada de gel ocasiona um prejuízo no funcionamento hidrodinâmico do sistema, pois constitui em mais uma barreira para o fluxo de permeação (CHERYAN, 1998).

A colmatagem ou *fouling* da membrana resulta da penetração de solutos presentes em soluções de macromoléculas ou de suspensões coloidais na superfície interna dos poros da membrana e também da adsorção de moléculas no material da membrana, acarretando também uma diminuição no fluxo do solvente e alterando as características de retenção (CHERYAN, 1998; DAUFIN et al., 1991).

A diferença entre os fenômenos é que na polarização por concentração as substâncias acumuladas na parede da membrana estão dissolvidas na solução, enquanto que na colmatagem, as substâncias deixaram a solução e estão depositadas na superfície da membrana ou dentro dos poros (GEKAS; BARALLA; FLORES, 1998).

Nos processos de separação por membranas, a ocorrência dos fenômenos de polarização da concentração na superfície da membrana, devido ao acúmulo de solutos e da formação do *fouling*, contribui para aumentar a resistência à transferência de massa através da membrana. O depósito de solutos aumenta com o tempo e podem mudar a seletividade da membrana, causa da redução da porosidade pelo entupimento ou adsorção e responsável por mudanças na

qualidade do produto (VLADISAVLJEVI; VUKOSAVLJEVI; BUKVI, 2003; BRUIJN et al., 2002).

A polarização por concentração pode ser revertida pela modificação das condições operacionais e pela reversão do fluxo, o que não ocorre com a colmatagem. Este, normalmente, só é revertido através de um rigoroso procedimento de limpeza (CHERYAN, 1998; CUPERUS; NIJHUIS, 1993).

Diferentes modelos têm sido propostos para descrever o comportamento do fluxo. A diminuição do fluxo com o tempo ou concentração não é linear. A redução da taxa de fluxo pode ser dividida em três períodos, como mostrado na Figura 3. O primeiro período é caracterizado por uma rápida redução do fluxo e deve-se basicamente à polarização da concentração. Durante o segundo período, a variação do fluxo é variável e depende do *fouling* formado. No terceiro período, o fluxo é praticamente constante em relação ao tempo e ocorre a consolidação do *fouling* (GIRARD; FUKUMOTO, 2000).

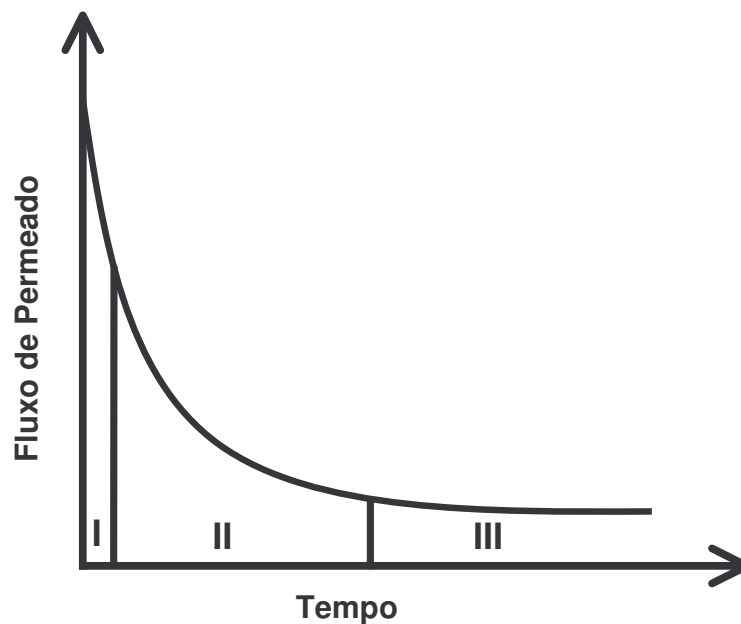


Figura 3 - Declínio do fluxo de permeado com o tempo de operação.

Estágio I: Polarização da concentração. Estágio II: Camada *fouling*. Estágio III: Consolidação da camada *fouling*.

3.3.6 - Parâmetros Operacionais dos Processos de Membrana

Os processos de membranas são mais eficazes quando otimizados os parâmetros de operação que afetam o fluxo de permeado, que incluem pressão de operação, concentração de alimentação, temperatura de processo e velocidade de escoamento do fluido.

O fluxo de permeado é diretamente proporcional à pressão aplicada. O aumento da pressão resulta em um aumento do fluxo de permeado até um valor máximo chamado de fluxo limite, devido ao aumento na concentração de soluto na superfície da membrana, o que leva a formação da camada de gel. A utilização de pressões elevadas pode ocasionar a compactação da camada de gel, aumentando a colmatagem da membrana (SCOTT, 1995; HWANG; KAMMERMEYER, 1998).

O aumento da temperatura pode resultar em aumento de fluxo de permeado devido à redução da viscosidade da solução e aumento da difusividade, ou seja, mobilidade das moléculas. Porém, é favorável aumentar a temperatura de operação sem provocar danos na membrana e no produto (GIRARD; FUKUMOTO, 2000).

O aumento na velocidade de escoamento da solução de alimentação aumenta a taxa de permeação por provocar maior turbulência do fluido a ser filtrado. A turbulência, proveniente de agitação ou bombeamento do fluxo, promove uma desorganização na concentração de solutos na superfície da membrana e causa arraste das partículas retidas na superfície da membrana, reduzindo a espessura da camada de gel. Este é um dos métodos mais simples e efetivos de se controlar o efeito da polarização da concentração (CHERYAN, 1998; STRATHMANN, 1990).

O fluxo de permeado decresce exponencialmente com o aumento da concentração de alimentação, que afeta a viscosidade, densidade e difusividade da solução de alimentação. A viscosidade pode ser controlada por dois fatores: concentração de sólidos na alimentação e temperatura (CHERYAN, 1998).

A configuração também afeta o desempenho das membranas. Um alto desempenho de uma membrana, quanto ao fluxo de permeado e retenção do soluto desejado, deve ser balanceado quanto às características da mesma, como maior propensão à colmatagem, custo, facilidade de limpeza e substituição (PORTER, 1990).

3.3.7 - Parâmetros Importantes para a Análise do Desempenho e Eficiência do Processo

Para a análise do desempenho e eficiência do processo de filtração por

membranas os seguintes parâmetros são fundamentais (RENNER; SALAM, 1991):

- Fluxo de permeado (F): é a quantidade obtida de permeado em litros, por m² de membrana por hora (L.m⁻².h⁻¹).
- Coeficiente de retenção: fornece uma medida quantitativa da capacidade da membrana em reter, por exemplo, as moléculas ou componentes específicos, sob determinadas condições de operação. É dada em porcentagem: $R = (1 - C_p/C_i) \cdot 100$, onde C_i e C_p são respectivamente, a concentração inicial de um componente na alimentação e a concentração deste mesmo componente no permeado em cada amostragem.
- Fator de concentração (Fc): quantifica a redução de massa atingida pelo processo. É calculada como a razão entre a massa inicial na alimentação e a massa final de retentado: $F_c = M_A/M_R$, onde M_A = massa na alimentação e M_R = massa no retentado.

3.3.8 - Aplicação da Tecnologia de Membranas no Setor Industrial

A tecnologia de filtração com membranas apresenta uma série de vantagens em relação aos processos clássicos de separação. Em geral, o fracionamento ocorre à temperatura ambiente, sem mudança de fase e sem que haja necessidade de utilização de fonte térmica, o que significa uma considerável economia de energia. Como a separação é conduzida sob condições brandas, a utilização desses processos pode, em muitos casos, melhorar a qualidade do produto final, como por exemplo, na indústria de sucos ou no processamento de alimentos em geral, em que o tradicional uso de calor altera as propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos. Bebidas e alimentos são, em geral, constituídos por substâncias termossensíveis. Neste setor, o uso de tecnologia de membranas torna-se bastante interessante (ARAGÃO, 2002).

A tecnologia de membranas tem verificado um crescimento constante no

setor industrial. Baseando-se nos bons resultados alcançados, principalmente nas indústrias químicas e de alimentos, vislumbra-se um futuro promissor para estes processos, apesar da necessidade de solucionar problemas pertinentes às questões ligadas ao entupimento das membranas, baixa resistência a agentes químicos, aos processos de limpeza, baixos fluxos de permeado e elevado custo (RIBEIRO, 2005).

Os sistemas com membranas são, em geral, compactos e sua estrutura modular lhe confere maior flexibilidade operacional e de projeto. Os custos operacionais e de manutenção podem ser menores porque os sistemas com membranas têm menos partes móveis e exigem pequena atenção dos operadores. As propriedades das membranas são variáveis e podem ser ajustadas para a aplicação em questão, apresentam a possibilidade de emprego em sistemas contínuos e podem ser combinados com outros processos. Na indústria de alimentos e bebidas, a ultrafiltração já vem sendo utilizada comercialmente para diversas aplicações. Entre as aplicações dos processos de separação com membranas na indústria de alimentos podem ser destacadas: clarificação e estabilização de bebidas; recuperação de óleos essenciais de cítricos; concentração de aromas; clarificação e concentração de sucos de frutas; e, na indústria de laticínios, para a concentração de soro de leite e fabricação de queijo (ARAGÃO, 2002).

3.4 - Processamento Asséptico

O processamento asséptico de alimentos é genericamente definido como um processo no qual um produto, comercialmente estéril, é acondicionado em uma embalagem previamente esterilizada, sob condições ambientais controladas (sala limpa), seguido do fechamento hermético em condições assépticas (Figura 4). O resultado é um produto comercialmente estéril, ou seja, livre de

microrganismos capazes de se reproduzirem nas condições de estocagem e estável à temperatura ambiente (BUCHNER, 1993; FARIA, 1993).

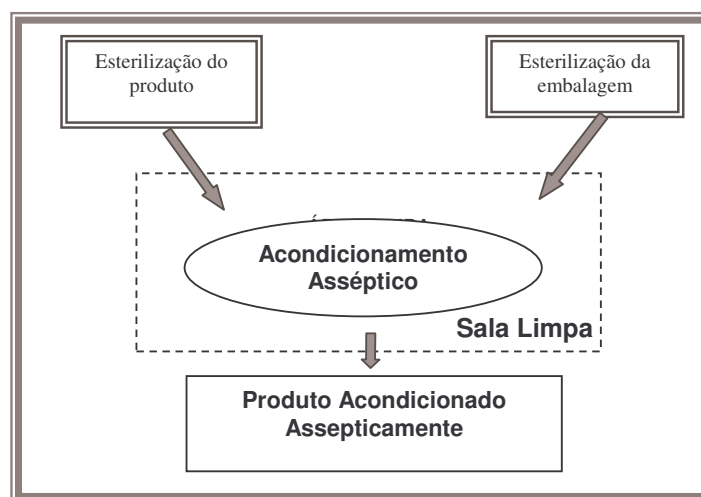


Figura 4 - Diagrama simplificado do processo asséptico.

O sistema asséptico é utilizado para obtenção de produtos que se destinam à estocagem e comercialização à temperatura ambiente, ou quando se quer uma maior preservação das qualidades naturais do produto. É aplicado aos produtos esterilizados por processos térmicos e não-térmicos. Para os produtos não-esterilizados é necessária uma cadeia de frio ou a utilização de conservadores para auxiliar no controle da proliferação de microrganismos e outras alterações indesejáveis (REUTER, 1988).

As principais vantagens atribuídas ao uso de sistemas assépticos na produção de alimentos são: o aumento da vida de prateleira, a diminuição ou remoção completa de agentes conservadores, controle de processo confiável e melhoria da qualidade do produto (KLAUS, 2002).

O envase asséptico em garrafas de vidro apresenta como principais vantagens (SACHS, 2003):

- A qualidade do material: nobre e transparente, o que facilita a visualização do produto, reciclável, apresenta barreira ao oxigênio, resistente aos tratamentos térmicos de esterilização de embalagens e quimicamente inerte;
- Certa preferência do consumidor pelas embalagens de vidro.

3.5 - Tecnologia de Salas Limpas

A eficiência do sistema asséptico depende, dentre outros fatores, da qualidade do ar utilizado na sala de acondicionamento, recomenda-se o uso de fluxo de ar livre de microrganismos, uma vez que estes são veiculados através de partículas em suspensão no ar (FARIA, 1993).

Por definição, sala limpa é aquela na qual o suprimento do ar, sua filtragem, materiais de construção e procedimentos de operação visam controlar as concentrações de partículas em suspensão no ar, atendendo aos níveis apropriados de limpeza de acordo com normas técnicas vigentes (BLOIS, 2002).

As partículas suspensas no ar podem apresentar tamanhos entre 0,1 e 10 μ m, e assim são capazes de carrear microrganismos aderidos a elas. Bactérias geralmente possuem também tamanho entre 0,1 e 10 μ m. Somente partículas maiores que 30 μ m podem ser detectadas a olho nu. Em razão da sedimentação, partículas maiores que 10 μ m dificilmente são encontradas em suspensão na atmosfera. As áreas limpas são classificadas de acordo com o número de partículas suspensas por volume de ar. Atualmente, esta classificação segue a norma ISO 14644-1, de maio de 1999 (BENNET, 2002; ROLAND, 1996; BLÜMKE, 1993).

3.6 - Esterilidade Comercial

A esterilidade comercial de alimentos é atingida quando o processo elimina

os microrganismos capazes de se reproduzir no produto em condições de estocagem e distribuição não refrigerada e os microrganismos patogênicos viáveis, inclusive esporos. O processo aplicado pode também ser combinado com redução do pH ou redução da atividade de água, suficientes para tornar o alimento livre de microrganismos capazes de se desenvolverem no produto sob as condições de estocagem não refrigerada (SILVA et al., 2002).

Um alimento comercialmente estéril pode conter microrganismos sobreviventes desde que sua multiplicação seja impedida por outros fatores de preservação, como estocagem em temperaturas não superiores a 40 °C, a redução do pH ou da atividade de água. A presença dos seguintes microrganismos é considerada normal em alimentos comercialmente estéreis (SILVA et al., 2002; DRYER; DEIBEL, 1992):

- Esporos de bactérias termófilas estritas. Não se desenvolvem em temperatura ambiente, logo sua presença é aceitável se a temperatura de estocagem não ultrapassar 40 °C;
- Esporos de bactérias termófilas e mesófilas incapazes de crescer nas condições de atividade de água e pH do produto.

3.7 - Esterilização da Embalagem

A eficiência e o sucesso dos sistemas assépticos dependem muito da esterilização adequada da embalagem. A embalagem representa uma fonte de contaminação potencial devido ao fato de que o produto depois de acondicionado não passará por nenhuma outra etapa capaz de eliminar tal contaminação. No caso de alimentos que são processados na embalagem, como nos enlatados, normalmente isso não é um problema. Assim, a esterilização da embalagem é um fator crítico no processamento asséptico e visa inativar microrganismos e eliminar quaisquer matérias estranhas ao sistema que possam contaminar o produto e

promover alterações indesejáveis, sob as condições de distribuição e estocagem. (PETRUS, 2004; REUTER, 1988; JOYCE, 1993; ROLAND, 1996).

Os materiais de embalagem devem ter uma contagem microbiana de superfície baixa, quando são fabricados, e devem ser esterilizáveis, de modo que sua contribuição na carga microbiana global e estabilidade do produto seja mínima (TROLLER, 1993).

O material destinado às embalagens assépticas deve ser resistente aos agentes e processos de esterilização. Entre os requisitos que determinam a eficiência de um sistema de esterilização de material de embalagens, incluem-se: apresentação de um bom esporicida em um tempo viável, possibilidade de esterilização em processo contínuo com velocidade adequada ao volume de produção, compatibilidade com o material de embalagem, facilidade de remoção do agente esterilizante da superfície da embalagem, evitando possíveis resíduos, exclusão de perigos à saúde do consumidor, não redução da qualidade do produto final, mesmo quando seu residual for superior ao valor permitido pela legislação e, finalmente, isento de perigos à saúde dos operadores (ROBERTSON, 1983; BERTRAND, 1984; ANON, 1971).

Os processos de esterilização de embalagem podem ser divididos em físicos e químicos. Os processos físicos utilizam calor (ar quente, vapor, calor de extrusão e gases de extrusão), ação mecânica (jatos e enxágue) e irradiação (ionização, UV e infravermelho). Os processos químicos utilizam agentes com ação biocida como o peróxido de hidrogênio, ácido peracético, etanol, óxido de etileno e cloro. A combinação de métodos físicos e químicos pode ser mais eficiente e são os mais utilizados pela indústria (REUTER, 1988; HOLDSWORTH, 1992).

Em geral, a inadequação ou a ausência de um sistema de esterilização de

embalagens poderá resultar no aumento da contaminação do produto e, conseqüentemente, redução de sua vida útil. Pesquisas têm comprovado que o grau de esterilização obtido na embalagem depende do nível de contaminação inicial, da área da embalagem e da eficiência do processo de esterilização (PETRUS, 2004; ABREU; FARIA, 2004).

3.8 - Estabilidade de Alimentos Processados

A preservação das características originais dos alimentos, pelo maior tempo possível, após a sua transformação, é um dos grandes objetivos da indústria de alimentos. Assim, as condições do ambiente de armazenamento, tais como temperatura, umidade, luminosidade, bem como o tipo e o material da embalagem utilizados, são aspectos que devem ser avaliados e controlados, visando à manutenção da qualidade dos produtos durante a sua vida de prateleira (MATTA; CABRAL; SILVA, 2004).

A vida de prateleira de um alimento é o tempo em que ele pode ser conservado em determinadas condições de temperatura, umidade relativa, luz, etc., sofrendo pequenas alterações que são, até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação alimentar vigente (VITALI et al., 1996).

Os seguintes fatores podem afetar a qualidade de um produto processado e embalado: o desenvolvimento microbiano, a temperatura de armazenamento, a disponibilidade de oxigênio, a luz, as transformações físicas e químicas e a característica de barreira do sistema de embalagem.

3.8.1 - Desenvolvimento Microbiano

As transformações nos alimentos em conseqüência do desenvolvimento de

microrganismos podem ocorrer em velocidades bem superiores às demais alterações, principalmente quando a temperatura e a atividade de água forem favoráveis. As modificações nos alimentos acondicionados, causadas por microrganismos, são em geral mais facilmente evidenciadas do que as provenientes de reações enzimáticas ou químicas.

De acordo com Faria (1990), as modificações causadas por microrganismos, em geral resultam em:

- Formação de gases e compostos voláteis;
- Produção de compostos tóxicos;
- Acúmulo de focos de microrganismos, como bolores e leveduras.

3.8.2 - Temperatura

A temperatura é o fator que mais afeta a conservação dos alimentos durante a estocagem e comercialização, pois apresenta um efeito exponencial sobre as transformações ocorridas no produto alimentício, bem como no aumento da permeabilidade da embalagem. Todas as alterações de natureza microbiológica e físico-química apresentam taxas de transformações que dependem da temperatura na qual o alimento se encontra (FARIA, 1993).

A relação existente entre a temperatura e a velocidade de transformação em um produto pode ser expressa pelo valor Q_{10} , definido como a razão entre a velocidade da reação à temperatura T e a velocidade da reação à temperatura $(T+10^{\circ}\text{C})$; ou seja, o Q_{10} representa o aumento da velocidade das reações quando a temperatura do sistema aumenta 10°C (FARIA, 1993).

Uma grande vantagem dos sistemas assépticos é permitir a comercialização do produto à temperatura ambiente. Caso contrário, seria anti-

econômico ter que utilizar a distribuição e/ou estocagem refrigerada para alimentos deste tipo. Mesmo assim, é importante considerar o efeito exponencial da temperatura sobre as transformações no alimento (PETRUS, 2004).

Apesar dos alimentos obtidos pelos sistemas assépticos serem microbiologicamente estáveis à temperatura ambiente, deixá-los em ambientes frescos, fora da exposição solar, ou mesmos refrigerados, torna-se uma boa opção para ampliar a sua vida útil (FARIA, 1993).

3.8.3 - Disponibilidade de oxigênio

A presença de oxigênio no espaço livre das embalagens influencia as alterações oxidativas e o crescimento microbiano. As modificações em alimentos como consequência das reações de oxidação resultam em perdas do valor nutritivo, quando envolvem as vitaminas e outros componentes essenciais, perdas de propriedades sensoriais e formação de compostos voláteis desagradáveis. Basicamente, todas essas reações dependem, além da presença de oxigênio livre nas embalagens, de fatores como a temperatura, a atividade de água, a luz e a composição do produto. A principal perda de qualidade de alimentos assépticos é por via oxidativa, apresentando como consequência a alteração de sabor e aroma característicos (FARIA, 1993).

A oxidação só ocorrerá se houver oxigênio disponível dentro da embalagem. A disponibilidade de oxigênio dependerá do sistema de embalagem e do processo de industrialização. A embalagem pode atenuar as alterações provenientes da oxidação ao controlar, além do oxigênio disponível, a luz e a umidade relativa. Em uma embalagem hermética, a reação oxidativa será limitada pela presença de oxigênio residual no produto e no espaço livre. Por outro lado, se a embalagem for permeável ao oxigênio, como é o caso de algumas garrafas plásticas, a velocidade dependerá do suprimento de oxigênio pela difusão através

da embalagem (FARIA, 1993; GODDARD, 1997).

3.8.4 - Luz incidente

As radiações luminosas, sejam naturais ou artificiais, causam grande efeito catalítico na aceleração das reações fotoquímicas em alimentos, principalmente reações de oxidação. Exemplos de deterioração em alimentos, quando expostos aos raios luminosos, incluem a oxidação de lipídios, a degradação de pigmentos e de vitaminas e a redução do valor nutritivo. Quanto à oxidação de vitaminas, a riboflavina e o ácido ascórbico são os mais fotossensíveis (LEBER, 2001).

A energia luminosa é inversamente relacionada ao comprimento de onda. Assim, maior a energia da radiação quanto menor o comprimento de onda, onde a região do espectro apresenta maior energia quântica. A radiação UV situa-se em uma faixa de menor comprimento de onda que a visível, tendo maior energia e induzindo a maior velocidade de oxidação. A luz solar é mais prejudicial que as luzes artificiais, por emitir mais radiações de menor comprimento de onda. No caso particular de alimentos contendo pigmentos fotossensibilizadores, como carotenóides, hemoglobina e mioglobina, o efeito da luz sobre a deterioração pode ser maior na faixa visível que na faixa do UV (SATTAR & DEMAN, 1975).

A intensidade de luz incidente, o tempo de duração e as características do material de embalagem, afetando a absorção da luz, são fatores que devem ser considerados para avaliar os efeitos sobre os alimentos fotossensíveis (FARIA, 1990).

3.8.5 - Transformações Físicas e Químicas

Uma das alterações mais importantes na água de coco é o escurecimento, que pode ser causado pela atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase,

que agem sobre os compostos fenólicos presentes na água de coco. Esta alteração tem início logo após a extração da água de coco.

A polifenoloxidase é uma enzima do grupo das oxirredutases, contendo cobre como grupo prostético, que oxida difenóis em presença de oxigênio molecular. O nome polifenoloxidase compreende duas enzimas distintas, cuja diferença diz respeito à especificidade aos substratos. A primeira hidroxila monofenóis a o-dihidroxifenóis (atividade cresolase), oxidando-os a o-quinonas (atividade catecolase), e é a enzima mais importante para o escurecimento oxidativo de frutas e hortaliças, sendo denominada de tirosinase, polifenoloxidase ou catecol oxidase. A segunda oxida orto e para difenóis às quinonas correspondentes, não possuindo a capacidade de hidroxilar monofenóis como a primeira, sendo denominada de lacase. A reação do escurecimento prossegue através da condensação das quinonas que reagem, não-enzimaticamente, com outros compostos fenólicos e aminoácidos, por exemplo, para produzir pigmentos escuros de estrutura indeterminada (VAMOS-VIGYÁZÓ, 1981; MAYER E HAREL, 1990; MENDONÇA E GUERRA, 2003).

A peroxidase é uma enzima semelhante a polifenoloxidase, também membro do grupo das oxirredutases, e catalisa a oxidação de fenóis (guaiacol, p-cresol), aminas aromáticas (anilina, o-dianisidina) e outros compostos orgânicos na presença de peróxido de hidrogênio (VAMOS-VIGYÁZÓ, 1981).

Os principais métodos empregados para evitar o escurecimento enzimático são: a inativação da enzima através da redução do pH ou aquecimento, a eliminação do oxigênio e o emprego de agentes químicos que atuam sobre a enzima ou produtos intermediários do processo de formação do pigmento (RODRIGUES, 2003; ABREU, 2005).

3.8.6 - Barreira e Formato da Embalagem

A continuação do processo oxidativo, após consumido o oxigênio disponível, irá depender da sua reposição pelas paredes e pelo sistema de fechamento da embalagem. Essa reposição será tanto mais rápida quanto menor for a barreira do material à passagem de oxigênio do ambiente externo para o interior da embalagem. Por esta razão, os materiais de embalagem devem apresentar boa barreira ao oxigênio (FARIA, 1993).

O tamanho e o formato da embalagem também interferem na estabilidade. À medida que o tamanho aumenta, a relação área/volume diminui e, portanto, mais protetora torna-se a embalagem. Isso porque a penetração de oxigênio aumenta numa ordem quadrática, enquanto que o volume do produto que reagirá com este gás aumenta numa ordem cúbica. Ou seja, se todos os outros fatores permanecerem constantes, a necessidade de proteção diminui à medida que o tamanho da embalagem aumenta. É importante considerar que apenas a permeabilidade do material de embalagem não é suficiente para se estabelecer seu grau de proteção. O processo de transformação e o formato e o fechamento da embalagem afetam intensamente a taxa de permeabilidade da embalagem final. O maior efeito de perda de barreira está relacionado com as regiões de fechamento ou dobras no material, feitas para dar o formato final, como nas termosseladas e nos sistemas de vedação de tampas (PETRUS, 2000).

Uma das principais causas de alterações de alimentos em função da embalagem de vidro é a oxidação, especialmente de lipídios, vitaminas e pigmentos, ocasionadas pela exposição à luz. O vidro é um material transparente e permite a passagem de luz, fator que deve ser considerado em alimentos sensíveis às radiações luminosas. Alternativas para reduzir o efeito da luz sobre os produtos em embalagens transparentes são através da rotulagem e, no caso do vidro, a utilização da cor âmbar ou outras cores (FARIA, 2004).

A hermeticidade proporciona barreira aos gases, vapor de água, aroma e microrganismos. O ponto fraco ou que compromete a hermeticidade das embalagens de vidro é o sistema de fechamento. Quanto mais eficiente for o sistema de fechamento menor são os problemas de hermeticidade da embalagem. Um bom sistema de fechamento depende do material (metal ou plástico), do design da tampa (pressão ou rosca) e do tipo de vedante ou anel de vedação. Em produtos termoprocessados ou em sistemas de acondicionamento asséptico, a falta de hermeticidade resultará, por exemplo, em problemas microbiológicos e de alterações oxidativas. Considerando que a barreira e a hermeticidade estão diretamente relacionada com o grau de proteção do sistema de embalagem, geralmente quanto menor for a transferência de massa entre o micro ambiente interno das embalagens e o macro ambiente que compõe o sistema de comercialização do produto, maior será a vida útil do produto (FARIA, 1998).

4 - MATERIAL E MÉTODOS

4.1 - Coco verde (*Cocos nucifera*)

Todos os processos foram realizados utilizando-se cocos verdes da variedade Anã, provenientes do Espírito Santo e adquiridos na CEASA – Central de Abastecimento de Campinas S.A. – Campinas/SP. Segundo informações dos comerciantes, os cocos verdes foram colhidos com 7 meses de maturação e se encontravam nos cachos. Os frutos foram armazenados à temperatura ambiente por no máximo 7 dias até o processamento.

4.2 - Embalagem

As embalagens utilizadas foram garrafas de vidro com capacidade de 318mL, modelo Plasti-Shield 300, com tampas de folha de flandres com diâmetro

de 38mm e fechamento do tipo “garra-torção”, adquiridas da Owens-Illinois do Brasil S.A (Cisper), São Paulo, SP.

4.3 - Planta Piloto

O *lay out* da linha de processamento foi constituído por um tanque de recepção de matéria-prima, conectado através de uma tubulação, uma válvula e uma bomba. As condições de processo foram controladas por um medidor de vazão e um termômetro instalados logo após a bomba, e dois manômetros instalados um na entrada e outro na saída do retentado da membrana de ultrafiltração, onde foi obtida a pressão transmembrana do processo.

Nos processos definitivos, o produto obtido na saída do permeado da membrana foi transportado para o contentor asséptico instalado na sala de envase, a partir do qual o produto foi conduzido pela ação da gravidade ao ponto de envase, constituído por uma válvula de enchimento manual.

4.4 - Membranas de ultrafiltração

O primeiro processo preliminar foi realizado utilizando uma membrana monotubo de ultrafiltração de cerâmica de 50kDa de massa molecular de corte, constituída de alumina – Al_2O_3 , comprimento 1,02m, com 19 multicanais de 4mm de diâmetro, resultando em $0,0226\text{m}^2$ de área de permeação, da Orelis SAS, Miribel, França.

Os processos preliminares subsequentes e os definitivos foram realizados em uma membrana de ultrafiltração *hollow fiber* de polisulfona, de massa molecular de corte de 10kDa, comprimento de 1,129m e com área de permeação de $1,35\text{m}^2$ da Koch Membrane Systems, Inc., Wilmington, Estados Unidos.

4.5 - Sanitizante químico

O sanitizante químico utilizado na sanitização dos equipamentos foi a solução comercial Proxitane 1512[®], que é uma mistura estabilizada contendo 15% (p/v) de ácido peracético e 23% (p/v) de peróxido de hidrogênio, fornecido pela Peróxidos do Brasil Ltda., São Paulo-SP.

4.6 - Sala limpa

Nos processamentos definitivos, o acondicionamento asséptico da água de coco foi realizado em uma sala limpa classe 7 (ISO 14644-1) certificada de acordo com normas e padrões internacionais, incluindo pressão positiva, controle de temperatura, número de renovações de ar por hora e contagem de partículas e microrganismos em suspensão, construída pela Isotherm Ar Condicionado Ltda., Campinas-SP. A construção e certificação da sala limpa utilizada neste trabalho foram realizadas através de recursos da FAPESP (processo 99/00303-4), como parte do projeto de desenvolvimento de sistema asséptico (FARIA, 2001).

De acordo com dados publicados por Petrus e Faria (2003), a sala limpa estava em conformidade com os padrões estabelecidos pela norma ISO 14644-1, conforme ilustram as Tabelas 24 e 25 (Anexo 1).

4.7 - Descrição do Processo

4.7.1 - Higienização dos cocos

Os frutos foram limpos por aspersão com água potável, para eliminar as impurezas maiores provenientes da colheita e transporte e, em seguida, imersos em tanques com solução clorada a 200mg/L por 10 minutos, para eliminação de contaminantes na casca. Para a retirada do excesso de sanificante, os cocos

foram enxaguados por imersão em uma solução de hipoclorito com 5mg/L de cloro. Em seguida, foram depositados em cestos sanitizados de aço inoxidável para secagem até o momento da extração (CURSINO et al., 1996).

4.7.2 - Extração da água de coco

A extração da água de coco foi realizada em um equipamento idealizado e construído por Faria (2003). O seu funcionamento foi baseado na utilização de um sistema pneumático, utilizando-se a pressão com a dupla função de projetar o bico perfurador para o interior do coco e, ao mesmo tempo, de injetar ar comprimido filtrado no mesmo, expulsando assim a água de coco sob pressão e por escoamento através de orifícios contidos no próprio bico (Figura 5).

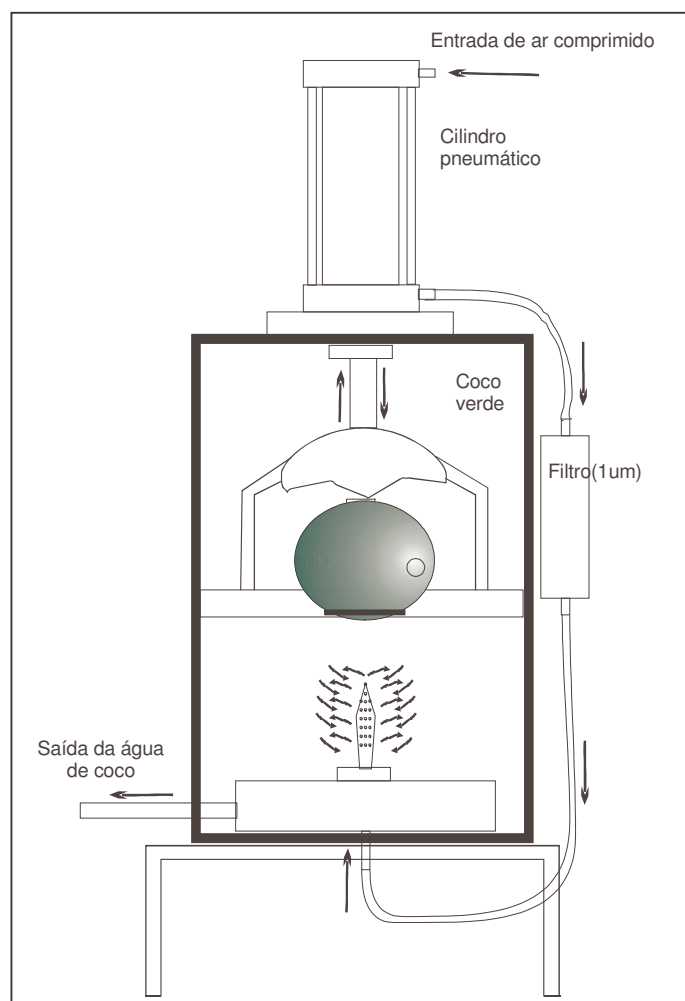


Figura 5 - Detalhamento do sistema de extração de água de coco.

4.7.3 - Adição de ácido ascórbico

Foram adicionados 200mg/L de ácido ascórbico, imediatamente após a extração. A adição do ácido ascórbico teve o objetivo de evitar o escurecimento enzimático pelas enzimas polifenoloxidase e peroxidase da água de coco, durante a estocagem sob refrigeração, com base nos resultados de inativação apresentados por Campos e outros (1996).

4.7.4 - Esterilização de embalagens

As embalagens foram esterilizadas em autoclave à temperatura de 121°C por 30 minutos, com a tampa semi aberta para a penetração do vapor dentro da embalagem. Logo depois de retiradas da autoclave, as embalagens foram fechadas e transportadas para a sala limpa.

4.7.5 - Processamento da água de coco

4.7.5.1 - Processos preliminares

A água de coco *in natura* foi bombeada para os canais da membrana. A vazão de concentrado retornava ao tanque de alimentação e o produto foi envasado na saída do permeado da membrana em garrafas de vidro, previamente esterilizadas.

4.7.5.2 - Processos finais

A água de coco *in natura* foi bombeada para os canais da membrana. A vazão de concentrado retornava ao tanque de alimentação e o fluxo de permeado foi bombeado para o tanque asséptico e envasado em garrafas de vidro, previamente esterilizadas, na sala limpa.

4.7.5.3 - Acondicionamento asséptico

O acondicionamento asséptico do produto foi realizado por dois operadores paramentados na sala limpa. Uma válvula dosadora foi acionada manualmente, para promover o enchimento. Após o envase, as embalagens foram fechadas dentro da sala limpa e rotuladas para identificação do lote e data de fabricação do produto. O fluxograma de produção e as condições experimentais seguidas são

mostrados na Figura 6.

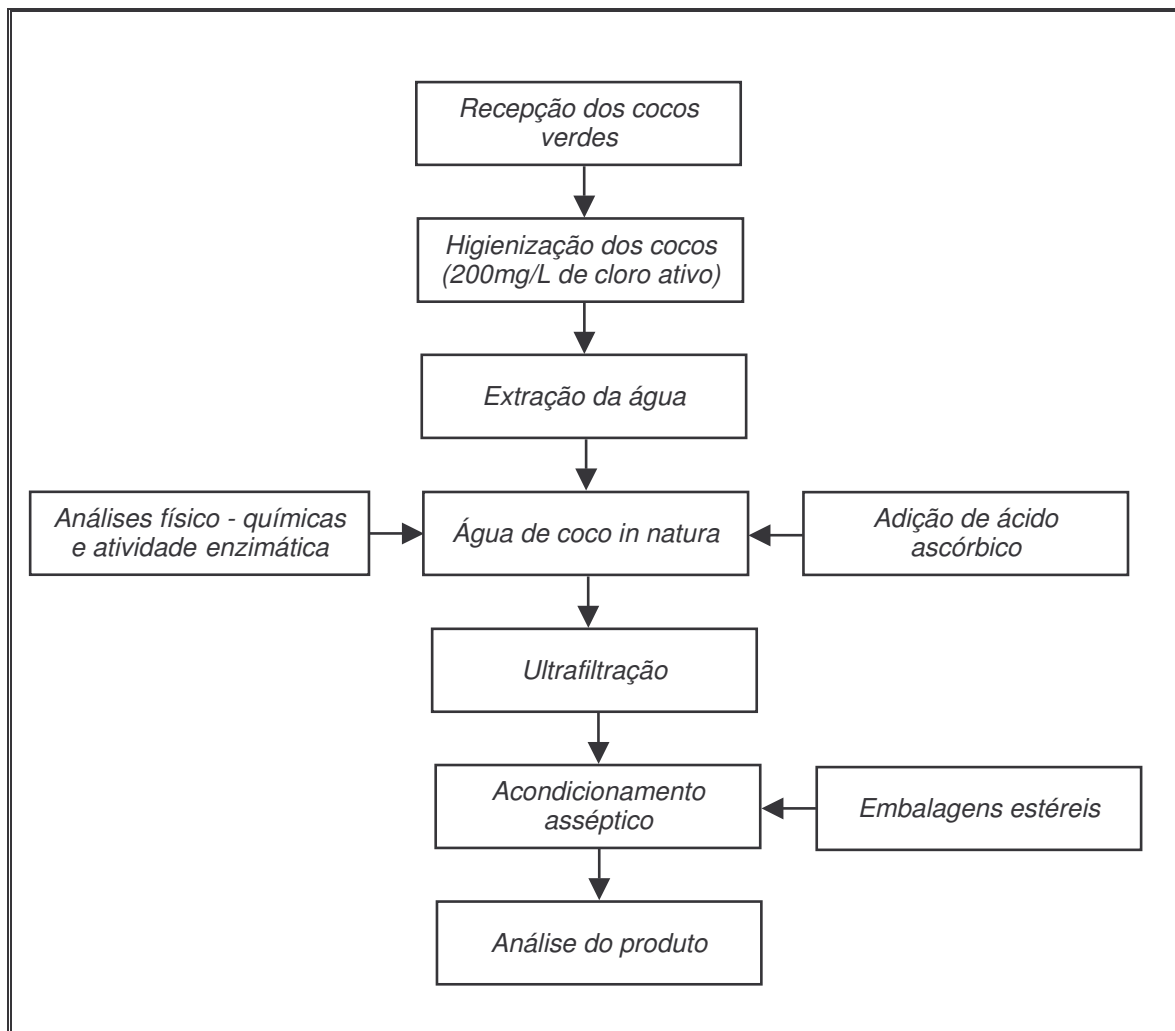


Figura 6 - Fluxograma dos processos da água de coco verde.

4.8 - Descrição dos Processos

A Tabela 3 apresenta as características que definem os processos realizados.

Tabela 3 – Descrição dos processos.

Processo	Massa Molecular de Corte da Membrana (kDa)	Volume Processado (L)	Adição de ácido ascórbico (mg/L)	Ambiente de envase	Condições de estocagem	Tempo de estocagem (dias)
A*	50	40	-	-	-	-
B*	10	40	-	-	-	-
C*	10	40	200	-	-	-
D	10	100	200	Sala Limpa	Refrigerado	90
E	10	100	200	Sala Limpa	Refrigerado	90
F	10	60	200	Sala Limpa	Ambiente	30

(*) Processos Preliminares

4.9 - Sanitização e esterilização dos equipamentos

Os procedimentos adotados e descritos a seguir de sanitização da linha de processamento foram baseados em Andrade e Macedo (1996), com exceção da limpeza da membrana, que foi realizada separadamente e está descrito posteriormente.

4.8.1 - Limpeza CIP da linha de processamento

As operações de limpeza da linha de processamento foram baseadas nos trabalhos de Petrus (2004) e Abreu (2005).

4.8.1.1 - Pré-lavagem

Imediatamente após o processamento da água de coco, a linha foi enxaguada durante 10 minutos com água, visando a redução da quantidade de resíduos nas superfícies dos equipamentos.

4.8.1.2 - Limpeza ácida

A limpeza ácida foi empregada na remoção de resíduos minerais das superfícies dos equipamentos, evitando a formação de incrustações. O detergente ácido apresentou como princípio ativo o ácido nítrico (HNO_3), composto de inibidor de corrosão, substâncias emulsionantes e dispersantes.

O detergente ácido, na concentração de 2% de HNO_3 , foi recirculado pela linha entre 60 a 63 °C durante 20 minutos, conforme recomendação do fabricante Sandet Química Ltda., São José do Rio Preto-SP, impressa no rótulo da embalagem do detergente.

4.8.1.3 - Enxágue

Após a limpeza ácida, foi feito um enxágue com duração de 5 minutos para retirar os resíduos suspensos e traços dos componentes de limpeza. A remoção completa de detergente foi garantida tornando-se uma amostra da água de enxágue e verificando seu pH, através de fitas indicadoras, caracterizando um pH próximo à neutralidade.

4.8.1.4 - Limpeza alcalina

A limpeza alcalina foi feita com um detergente a base de hidróxido de sódio (NaOH), contendo substâncias com alto poder emulsificante, dispersante e complexante com a finalidade de remover resíduos orgânicos (protéicos e gordurosos) das superfícies. A solução alcalina, contendo 1% de NaOH, foi recirculada na linha durante 20 minutos a 75°C, de acordo com a recomendação do fabricante Sandet Química Ltda., São José do Rio Preto-SP, impressa no rótulo da embalagem do detergente.

4.8.1.5 - Enxágue final

Após a limpeza alcalina, foi feito um enxágue com duração de 5 minutos. A remoção completa do detergente foi garantida verificando o pH da água de enxágue, através de fitas indicadoras, caracterizando um pH próximo à neutralidade.

4.8.2 - Limpeza do tanque asséptico e válvula de envase

Após a execução dos procedimentos de limpeza CIP (*clean in place*), o tanque de produto final, denominado tanque asséptico, e a válvula de envase,

instalados na sala limpa, foram desconectados para limpeza manual complementar com detergente neutro, com auxílio de escova e esponja.

4.8.3 - Sanificação da sala limpa

As paredes, caixa de passagem, portas e teto da sala limpa foram sanificados manualmente com solução de ácido peracético 100mg/L, utilizando-se um pano específico para este fim. O piso foi desinfetado com solução de hipoclorito de sódio na concentração de 400mg/L de cloro residual livre. O sistema de insuflamento e climatização do ar na área limpa foi acionado, aproximadamente, 12 horas antes de iniciar o processamento e envase da água de coco, para que este entrasse em regime, assegurando a classe de limpeza adequada na sala de envase.

4.8.4 - Limpeza da membrana

A limpeza tem como objetivo a restauração do fluxo para o processo subsequente e garantir uma maior vida útil da membrana. Os procedimentos a seguir foram realizados conforme descrito pelos fabricantes.

A limpeza da membrana tubular de cerâmica consistiu nas seguintes etapas (Orelis SAS, Miribel, França):

- Enxágue com água deionizada até quando observada a saída de água com °Brix próximo de zero pelo lado do permeado e do retentado.
- Circulação de solução alcalina (NaOH 2%) à temperatura de 80°C por 40 minutos.
- Banho em solução de hidróxido de sódio 2% à temperatura de 45°C por 5 dias.
- Enxágue com água deionizada até à neutralidade.

A limpeza da membrana *hollow fiber* de polisulfona consistiu nas seguintes etapas (Koch Membrane Systems, Inc., Wilmington, Estados Unidos):

- Enxágue com água até quando observada a saída de água com °Brix próximo de zero pelo lado do permeado e do retentado.
- Circulação de detergente enzimático 2% à temperatura ambiente por 30 minutos.
- Enxágue com água até à neutralidade.
- Circulação de solução ácida de limpeza (1% de ácido fosfórico) a 40°C por 40 minutos.
- Enxágue com água até à neutralidade.

Após a limpeza, era verificado o fluxo de permeado na condição padrão de pressão transmembrana, temperatura e vazão da membrana. Se este tivesse retornado aos valores iniciais, significava que a membrana estava limpa e poderia ser reutilizada.

4.8.5 - Esterilização da linha de processamento e envase

Imediatamente antes do início do processamento foi recirculada uma solução de ácido peracético (APA) 0,1% (p/v) a 45°C durante 30 minutos na linha inteiramente montada, operação denominada *sterilization in place* (SIP). O contentor asséptico foi totalmente preenchido com a solução de APA, permanecendo em contato com a superfície por 30 minutos. Ao final da esterilização química, a linha foi enxaguada com água processada à mesma temperatura a qual foi submetida o produto, para remoção de resíduos do esterilizante. O contentor asséptico foi completamente enchido com água processada (PETRUS, 2004).

4.9 - Avaliação de desempenho do sistema asséptico

4.9.1 - Controle de microrganismos presentes no ar do ambiente de envase

O controle de microrganismos presentes no ar do ambiente de processamento e envase foi realizado através de placas de petri com meio de cultura (PDA e PCA), que foram mantidas abertas dentro da sala limpa durante o processo de envase do produto e fechamento das embalagens.

4.9.2 - Monitoramento da higienização de equipamentos

A avaliação do desempenho dos procedimentos de limpeza, sanificação e esterilização química da linha foi realizada imediatamente antes do envase, através de três coletas de 300mL de água de enxágue da linha, tendo sido plaqueados 30mL de cada amostra em PCA seguido de incubação a 35°C/48h (PETRUS, 2004).

4.10 - Caracterização da água de coco

A água de coco processada foi analisada quanto à atividade enzimática, características microbiológicas, físico-químicas e sensoriais.

4.10.1 - Análises físico-químicas

O teor de sólidos solúveis, expressos em °Brix, foi determinado com um refratômetro portátil da marca Optech, modelo RCZ, fornecido pela Catel Comércio e Assistência Técnica de Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba-SP, que utiliza escala de 0 a 32% e resolução de 0,2%.

O pH foi determinado a 25°C, utilizando-se um potenciômetro Digital modelo Digimed DM-20, fornecido pela Catel Comércio e Assistência Técnica de Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba-SP, com precisão de duas casas decimais.

A acidez total titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,01N, sendo o resultado expresso em porcentagem de ácido cítrico (gramas de ácido cítrico anidro por 100mL de amostra), conforme metodologia recomendada pela AOAC (HORWITZ, 1989).

A determinação do teor de ácido ascórbico foi realizada por titulação com uma solução de 2,6-diclorofenol indofenol de acordo com método recomendado pela AOAC (1989).

A composição química da água de coco foi determinada segundo os métodos da AOAC (1997). Determinou-se o teor de água, açúcares totais, redutores e não redutores, cinzas e sólidos totais. O teor de proteína foi determinado pelo método de Kjeldahl e os lipídios foram extraídos usando o método Bligh-Dyer.

A determinação da cor e da turbidez do produto foi realizada através de espectrofotômetro para cor da marca HunterLab, modelo Colorquest II, utilizando cubeta de quartzo de 30mm. O sistema de calibração utilizado foi RSIN (reflectância), com sistema de cor CIElab, iluminante D₆₅ com ângulo de 10°. Esta metodologia utiliza um sistema de coordenadas retangulares que define a cor em termos de luminosidade (L*), de vermelho a verde (a*) e de amarelo a azul (b*) e de turbidez (LEBER, 2001; HUNTERLAB, 1996).

4.10.2 - Determinação da atividade enzimática

Para a determinação da atividade enzimática, foi utilizado um espectrofotômetro UV-Visível modelo LW80 do fabricante Intralab S.A, São Paulo-SP. A determinação da atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase seguiu a metodologia modificada de Campos e outros (1996), com adaptações sugeridas por Sato (2004).

A atividade da enzima peroxidase foi determinada utilizando-se guaiacol como substrato fenólico. Em uma cubeta foram adicionados 2,3mL de tampão fosfato (0,2M) com pH 5,5, levando-se ao banho-maria até atingir 35°C. Posteriormente, adicionou-se 1mL de água de coco, 0,2mL de peróxido de hidrogênio (0,1%) e 0,5mL de solução alcoólica de guaiacol (0,5%), agitou-se e fez-se leitura imediata em espectrofotômetro a 470nm, no tempo zero e após 10 minutos (Campos et al., 1996).

A atividade da enzima polifenoloxidase foi determinada utilizando-se catecol como substrato fenólico. Em uma cubeta foram adicionados 2,3mL de tampão fosfato (pH 6,0), 0,7mL de catecol (0,2M) e 1mL de amostra de água de coco, à temperatura ambiente, seguido de leitura de absorvância em espectrofotômetro a 425nm, no tempo zero e após 10 minutos (Campos et al., 1996).

Uma unidade de atividade foi definida como a quantidade de enzima capaz de aumentar a absorbância em 0,001 unidades por minuto. Desta forma, a cada aumento de 0,001 na leitura de absorbância correspondeu a 1 unidade por minuto. O resultado da atividade das enzimas foi expresso em unidades/mL (U/mL).

4.10.3 - Determinação do oxigênio dissolvido

Determinou-se o teor de oxigênio dissolvido na água de coco, para avaliar a

velocidade das reações ocorrentes na bebida com potencial para consumir o oxigênio presente. A determinação foi feita em aparelho eletrônico *Dissolved Oxygen Meter* – MO128 da marca METTLER TOLEDO AG, fornecido pela Mettler Toledo Indústria e Comércio Ltda., sendo expressos os valores em %.

4.11 - Análises microbiológicas

Foram efetuadas as seguintes análises microbiológicas nas amostras de água de coco armazenada sob refrigeração:

4.11.1 - Contagem padrão

A contagem padrão foi realizada para obter a contagem total de microrganismos pelo método *pour plate*, com diluições seriadas até 10^{-3} e em triplicata. A incubação das placas foi feita a 35°C por 48 horas. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia (UFC)/mL (APHA, 2001).

4.11.2 - Contagem de bolores e leveduras

Foi utilizado o meio ágar batata dextrose (PDA) com ácido tartárico e o método de plaqueamento em superfície, com incubação a 25°C. Foram feitas diluições seriadas, até 10^{-3} , em triplicata. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia (UFC)/mL (APHA, 2001).

4.11.3 - Contagem de microrganismos do grupo coliformes

Esta contagem foi realizada pelo método do Número Mais Provável (NMP), para coliformes de origem fecal e totais. Neste teste presuntivo, utilizou-se o Caldo Lauril Sulfato Tritose (LST), com incubação a 35°C por 48 horas nas diluições até 10^{-3} , em triplicata. Após o período de incubação, para os tubos com presença de

gás, realizou-se a contagem de coliformes totais em Caldo Verde Brilhante Bile (VB), com incubação a 35°C por 48 horas e a contagem de coliformes fecais em caldo *E. coli*, com incubação a 45°C por 24 horas (APHA, 2001).

4.11.4 - Detecção de *Salmonella*

A análise para detecção de *Salmonella* foi realizada pelo sistema automatizado da linha *BAX[®] System of analysis PCR of DuPont Qualicon*, da DuPont do Brasil S.A., Barueri-SP.

4.12 - Teste de Esterilidade Comercial

4.12.1 - Incubação das amostras

Ao final de cada processamento, 20 garrafas de água de coco processada foram incubadas a 35°C/10 dias, conforme indicado por Dryer e Deibel (1992) e Von Bockelmann (1988).

4.12.2 - Inspeção visual dos lotes

Durante o período de incubação foi realizada uma inspeção visual dos lotes produzidos, investigando alterações aparentes como estufamento da tampa da embalagem. Modificações na cor, odor, viscosidade e textura foram investigadas após a abertura das garrafas, imediatamente antes da leitura de pH.

4.12.3 - Determinação do pH

As leituras de pH das amostras de água de coco foram feitas imediatamente após o fim do processamento e ao final do período de 10 dias de incubação a 35°C.

4.12.4 - Procedimento microbiológico para detecção de contaminantes

O procedimento microbiológico para detecção de contaminantes foi executado conforme proposto por Silva, Junqueira e Silveira (2002). Iniciando-se com a limpeza das garrafas com detergente. A região de abertura da embalagem da amostra de água de coco foi desinfetada com álcool iodado durante 15 minutos.

Após a homogeneização do conteúdo da embalagem, foi retirada uma alíquota de 2mL e transferida para tubos com tampas rosqueáveis, contendo caldo de dextrose púrpura de bromocresol, utilizado para teste em aerobiose, e meio de carne cozida, selado posteriormente com vaspar (vaselina/parafina), incubado em anaerobiose. Os tubos inoculados foram incubados, em duplicata, nas temperaturas de 35 °C e 55 °C.

Após a incubação, todos os tubos foram observados quanto à ocorrência de desenvolvimento microbiano, através da turvação do meio, formação de película superficial e/ou produção de gás. Os tubos de caldo dextrose púrpura de bromocresol foram também observados quanto à produção de ácido, evidenciada pela alteração da cor do meio para amarelo.

Constatando-se a ausência de alteração em todos os tubos inoculados, o produto seria considerado comercialmente estéril. A ocorrência de crescimento e/ou alteração em qualquer dos tubos é indicativa de ausência de esterilidade comercial ou de uma eventual contaminação da amostra em laboratório.

4.13 - Avaliação Sensorial

A água de coco obtida nos processamentos finais foi submetida a um teste afetivo. Os testes foram realizados em cabines individuais, utilizando um painel de pelo menos 30 provadores não treinados para avaliar o grau de aceitação do produto. Uma quantidade de 50mL de água de coco a temperatura de 4°C, em copos plásticos, foi servida aos consumidores. As amostras, codificadas com número de três dígitos, foram apresentadas de forma monádica (uma de cada vez), seguindo delineamento de blocos completos balanceados.

Os provadores foram solicitados a avaliarem o quanto gostaram ou desgostaram de cada uma das amostras quanto à aparência, aroma, sabor e impressão global, utilizando-se uma escala hedônica estruturada mista de 9 pontos. O modelo da ficha utilizada nos testes está ilustrado no Anexo 2 (STONE; SIDEL, 1985).

Para a determinação do fim da vida de prateleira do produto, estabeleceu-se o tempo no qual mais de 50% dos provadores avaliassem a amostra com valores inferiores à 6, o que corresponde a “gostei ligeiramente” na escala hedônica utilizada (MAN; JONES, 1997).

4.14 - Avaliação da estabilidade da água de coco processada

A água de coco obtida nos processamentos definitivos foi estocada sob refrigeração a uma temperatura média de 4°C $\pm$ 1°C por 3 meses e à temperatura ambiente por 1 mês para avaliação da vida de prateleira do produto processado. As características avaliadas durante este período para cada um dos lotes produzidos foram: pH, sólidos solúveis, cor e turbidez, acidez total titulável, teor de ácido ascórbico, atividade enzimática, avaliação sensorial e, no caso da água de coco refrigerada, qualidade microbiológica.

Três unidades de cada lote foram analisadas a cada 15 dias durante o período de estocagem. Os resultados foram expressos como média das três amostras e foram comparados, separadamente para cada lote, para verificar a existência de diferença estatisticamente significativa entre as amostras analisadas nos períodos de estocagem.

4.15 - Análise Estatística dos Resultados

Os resultados referentes às análises químicas, físicas e sensoriais de aceitabilidade da água de coco processada foram comparados para verificar se existia diferença significativa ($P < 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento. As análises estatísticas foram realizadas em microcomputador, utilizando-se o programa estatístico SAS, versão 6.11 (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Processamentos Preliminares

Os processos preliminares de ultrafiltração de água de coco verde foram realizados com o objetivo de avaliar a capacidade de retenção dos microrganismos e das enzimas peroxidase e polifenoloxidase existentes na água de coco pela membrana. Foram coletadas 3 amostras na saída do permeado da membrana para a caracterização da água de coco processada durante o processo de ultrafiltração.

Os critérios adotados na seleção do tamanho de poro da membrana de ultrafiltração para os processos definitivos foram fundamentados na comparação dos resultados das avaliações microbiológicas e da atividade enzimática da água de coco verde *in natura* e do produto ultrafiltrado dos processos preliminares A, B e C.

5.1.1 - Processo A

O primeiro processo preliminar foi realizado com a membrana de cerâmica de 50kDa de massa molecular de corte. O processo foi realizado com uma vazão volumétrica de 5m³/h e pressão transmembrana de 2,0bar. A temperatura do processo variou de 28 a 32 °C.

As curvas de fluxo de permeado em função do tempo obtidas nos processos de ultrafiltração de água de coco verde apresentaram o comportamento típico dos processos de separação por membranas. Durante a ultrafiltração, o fluxo através da membrana apresentou uma redução acentuada, devido à polarização da concentração e formação do *fouling*, e estabilizou-se com o tempo de processo.

A Figura 7 mostra o comportamento do fluxo de permeado em função do tempo de processo de filtração para a água de coco verde no primeiro processo preliminar. A ultrafiltração de água de coco obteve um bom fluxo de permeado, sendo que no início do processo foi de aproximadamente 130 kg/m².h e estabilizou-se por volta de 60 kg/m².h.

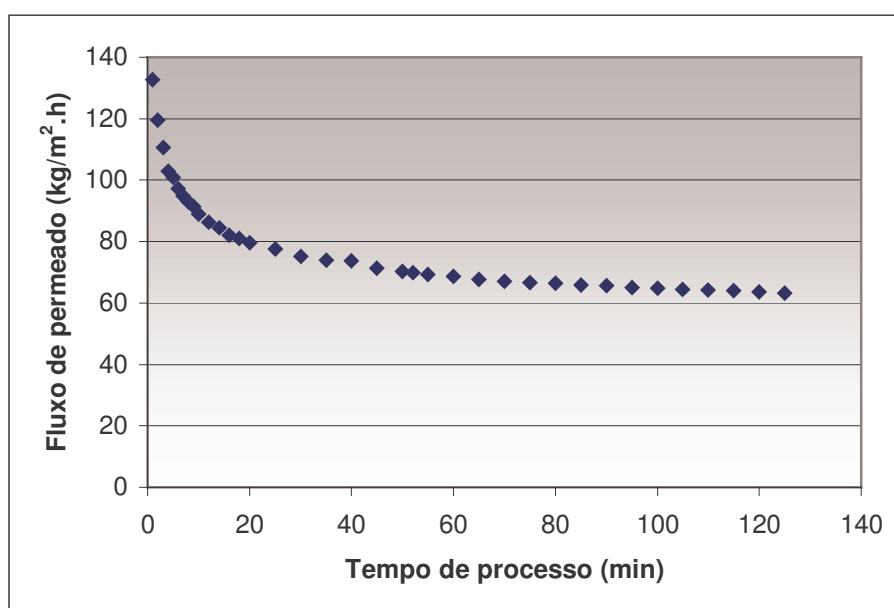


Figura 7 - Comportamento do fluxo de permeado durante a ultrafiltração de água de coco na membrana tubular de cerâmica de alumina de 50kDa de massa molecular de corte.

Os valores de fluxos de permeado estabilizados foram compatíveis com os reportados na literatura para alguns sucos de fruta. Matta e outros (2004) avaliaram a clarificação do suco de acerola por microfiltração e o fluxo de permeado obtido no estudo estabilizou em 58 L/m².h. Rodrigues e outros (2003) relataram um fluxo de permeado estabilizando em torno de 40 kg/m².h durante a ultrafiltração de suco de banana. Chamchong e Noomhorm (1991) estudaram a ultrafiltração de suco de tangerina e obtiveram a estabilização do fluxo de permeado entre 35 e 72 L/m².h. Ray, Raychowdhury e Charaborty (2003)

estudaram a ultrafiltração do suco de limão e a estabilização do fluxo de permeado variou entre 18 e 45 kg/m².h.

Wu, Zall e Tzeng (1990) utilizaram o fluxo de permeado médio e o consumo de energia para comparar a eficiência do processo de clarificação por membranas. Os parâmetros de operação, como a pressão transmembrana, velocidade tangencial e temperatura, possuem um grande efeito na otimização do desempenho da membrana, por exemplo, maximizar o fluxo de permeado e minimizar o consumo de energia. A medida do fluxo de permeado é essencial para os estudos de escalonamento, avaliação da produtividade e viabilidade dos processos com membranas. As curvas de fluxo de permeado em função do tempo de processamento refletem o desempenho dos mesmos (WOLKOFF, 2004).

5.1.1.1 - Avaliação da água de coco

5.1.1.1.1 - Atividade enzimática

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para as análises da atividade enzimática das enzimas peroxidase e polifenoloxidase na água de coco *in natura* e ultrafiltrada. A atividade enzimática no produto processado foi medida de forma comparativa em relação à atividade enzimática na água de coco *in natura* e o resultado foi expresso em porcentagem de retenção das enzimas pela membrana de ultrafiltração no decorrer do processo.

Tabela 4 - Atividade enzimática da água de coco *in natura* e ultrafiltrada.

Amostra	Peroxidase		Polifenoloxidase	
	Atividade (U/mL)	Retenção (%)	Atividade (U/mL)	Retenção (%)
<i>In natura</i>	8,35	-	2,60	-
F ₁	3,52	57,84	0,47	81,92
F ₂	2,75	67,07	0,25	90,38
F ₃	2,65	68,26	0,11	95,77

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 60 e 120 minutos de processo, respectivamente.

A peroxidase foi a enzima que se apresentou com maior atividade na água de coco *in natura*, 8,35 U/mL, em relação a atividade da enzima polifenoloxidase, 2,60 U/mL. Campos e outros (1996) estudaram a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase na água de coco e também observaram a predominância da atividade da peroxidase sobre a atividade da polifenoloxidase e os valores encontrados foram 114,3 e 32,1 U/mL, respectivamente.

A porcentagem de retenção das enzimas pela membrana foi aumentando durante o processo devido à formação da camada gel polarizada, porém ela não foi suficientemente compacta para reter todas as enzimas. Os resultados das análises da atividade enzimática revelaram que a membrana de ultrafiltração de 50kDa de massa molecular de corte não foi eficiente na retenção das enzimas peroxidase e polifenoloxidase presentes na água de coco verde.

O produto ultrafiltrado desenvolveu coloração rosada no dia seguinte ao processamento devido à ação das enzimas de massa molar menor que a massa molecular de corte da membrana os quais não foram retidas pelo processo de ultrafiltração.

A massa molecular das enzimas oxidativas presentes na água de coco verde foram determinados por Duarte e outros (1999). Os valores de massa molecular obtidos no estudo foram 73,8kDa para a polifenoloxidase e 49,2kDa para a peroxidase por cromatografia de gel filtração (Superdex) e de 44,63kDa para a peroxidase quando analisada por eletroforese em gel de poliacrilamida. A membrana é caracterizada por uma distribuição de tamanho de poros, portanto partículas com massa molecular ligeiramente abaixo da especificada pelo fabricante da membrana podem ser permeadas durante o processo.

Diversos autores têm detectado a presença de várias isoenzimas da peroxidase e polifenoloxidase em frutas e vegetais. Essas isoenzimas apresentam características diferentes, como, por exemplo, propriedades catalíticas, massas moleculares e valores de temperatura e pH ótimo. Préstamo e Manzano (1993), estudaram extratos de vegetais que continham isoenzimas da peroxidase com massas moleculares entre 36 e 120kDa, sendo que a adição de ácido ascórbico em concentrações de 2 a 170µM foi capaz de inativá-las (KHAN; ROBINSON, 1993; GALLEAZI; SGARBIERI, 1981).

5.1.1.1.2 - Análises microbiológicas

As análises microbiológicas de caracterização da água de coco foram realizadas imediatamente após os processamentos, de modo que seus resultados refletem as condições microbiológicas dos lotes analisados. A Tabela 4 apresenta os resultados das análises microbiológicas para a água de coco *in natura* e ultrafiltrada.

Tabela 5 - Caracterização microbiológica para a água de coco *in natura* e ultrafiltrada.

Amostra	CTMAM (UFC/mL)	Bolores e leveduras (UFC/mL)
<i>In natura</i>	$2,3 \times 10^4$	$1,8 \times 10^2$
F ₁	$< 1,0 \times 10$	$< 1,0 \times 10$
F ₂	$< 1,0 \times 10$	$< 1,0 \times 10$
F ₃	$< 1,0 \times 10$	$< 1,0 \times 10$

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 60 e 120 minutos de processo, respectivamente.

CTMAM – contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos.

O processo de ultrafiltração promoveu uma redução $> 4 \log \text{UFC/mL}$ na contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos e $> 2 \log \text{UFC/mL}$ na contagem de bolores e leveduras, ou seja, a membrana de ultrafiltração foi eficiente na retenção dos microrganismos inicialmente presentes na água de coco.

Carvalho e outros (2002) estudaram a qualidade microbiológica do suco de abacaxi clarificado utilizando membranas de microfiltração e ultrafiltração. O estudo mostrou que os processos de microfiltração e ultrafiltração podem reduzir a contaminação microbiológica inicial de sucos de frutas e outros produtos líquidos de acordo com o tamanho de poro da membrana e promover a esterilidade comercial do produto. Duxbury (1992) afirma que um processo por filtração utilizando uma membrana de tamanho de poro de $0,45\mu\text{m}$ são removidos 100% dos microrganismos.

5.1.2 - Processo B

Uma membrana de ultrafiltração *hollow fiber* de polissulfona, área de permeação $1,4\text{m}^2$ e massa molecular de corte de 10kDa foi utilizada no segundo processo preliminar. A vazão volumétrica do processo foi de $4,0\text{m}^3/\text{h}$ e a pressão

transmembrana foi de 1,0bar. A temperatura do processo variou de 22 a 26 °C.

A Figura 8 apresenta os resultados referentes ao comportamento do fluxo de permeado de água de coco verde durante o processo de ultrafiltração do segundo processo preliminar, onde foi possível verificar comportamentos similares de declínio do fluxo de permeado com o tempo de processamento.

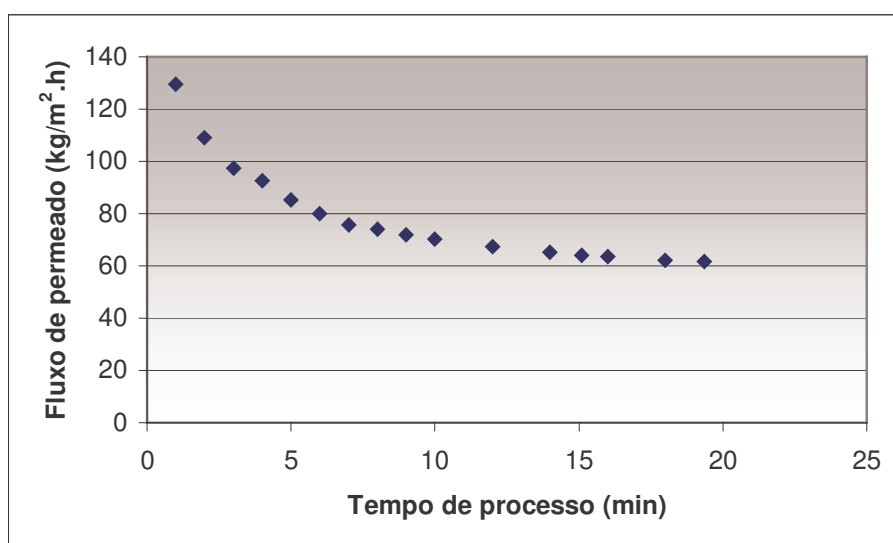


Figura 8 - Comportamento do fluxo de permeado durante a ultrafiltração de água de coco na membrana *hollow fiber* de polissulfona de 10kDa de massa molecular de corte.

Os valores de fluxo de permeado de água de coco obtidos durante o processo de filtração com as membranas de 50 e 10kDa de massa molecular de corte foram muito próximos. O fluxo de permeado inicial médio foi de 130 kg/m².h e reduziu-se em aproximadamente 50% ao se estabilizar no valor médio de 60 kg/m².h. Pode-se concluir que não houve influência da massa molecular de corte da membrana no índice de comportamento de fluxo de permeado com o tempo de processo para a água de coco verde.

Magalhães e outros (2005) observaram pouca variação entre os

comportamentos dos fluxos de permeado de água de coco verde das membranas de 0,1mm e 100kDa e das membranas de 20 e 50kDa durante os processos de filtração de água de coco verde. Os valores de fluxo de permeado médio encontrado foram de 12L/m².h e 3,7 L/m².h, respectivamente.

A viabilidade da utilização de membranas de ultrafiltração de fibra oca para clarificação de suco de pêra foi avaliada por Kirk e outros (1983). A massa molecular de corte das membranas avaliadas (10, 30 e 50kDa) teve pouco efeito nas condições ótimas de processamento. Os autores concluíram que o suco de pêra pode ser clarificado por membranas de ultrafiltração de fibra oca e que alterações nos parâmetros ótimos de processo seriam necessárias quando considerada a relação entre produtividade e custo.

5.1.2.1 - Avaliação da água de coco

5.1.2.1.1 - Atividade enzimática

A Tabela 5 apresenta os resultados das análises da atividade enzimática das enzimas peroxidase e polifenoloxidase na água de coco verde *in natura* e processada e a porcentagem de retenção das enzimas ao longo do processo de ultrafiltração com a membrana de 10kDa de massa molecular de corte.

Tabela 6 - Atividade enzimática da água de coco *in natura* e ultrafiltrada.

Amostra	Peroxidase		Polifenoloxidase	
	Atividade (U/mL)	Retenção (%)	Atividade (U/mL)	Retenção (%)
<i>In natura</i>	15,32	-	0,63	-
F ₁	1,02	93,34	0	100
F ₂	0	100	0	100
F ₃	0	100	0	100

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 10 e 20 minutos de processo, respectivamente.

Comparando os resultados da atividade enzimática da água de coco antes e após o processo de ultrafiltração, é possível concluir que a membrana de 10kDa de massa molecular de corte foi eficiente na retenção das enzimas peroxidase após a formação da camada gel polarizada. A polifenoloxidase foi retida pela membrana independentemente da formação da camada gel polarizada.

A água de coco ultrafiltrada desenvolveu uma coloração rósea no dia seguinte ao processamento. A alteração de cor da água de coco processada, mesmo com a retenção das enzimas oxidativas pela membrana de ultrafiltração, pode ser atribuída à ação das enzimas durante os processos de extração e ultrafiltração. As enzimas polifenoloxidase e peroxidase apresentam pH ótimo nos valores de 6,0 e 5,5, respectivamente. A temperatura ótima encontrada para a atividade enzimática foi de 25 °C para a polifenoloxidase e 35 °C para a peroxidase. Por outro lado, o pH da água de coco e a temperatura do processo favoreceram a atuação de ambas as enzimas no produto (CAMPOS et al., 1996).

Esta coloração rosada é comum em águas de coco *in natura*, ou quando armazenadas por alguns dias sob refrigeração (DAVID e FERNANDES, 1998; ABREU, 1999; CURSINO et al. 1999; FAO, 2000; CABRAL, 2002; AGÊNCIA

BRASIL, 2004). Esta coloração foi observada nos estudos realizados pela FAO, utilizando-se ultrafiltração, onde foi recomendado o uso de 150mg/L de ácido ascórbico para que esta alteração de cor não ocorresse (FAO, 2000).

Tanada (1996) obteve extrato de banana isento de polifenoloxidase por ultrafiltração. A retenção da enzima foi obtida com uma membrana de polissulfona com massa molecular de corte de 20kDa.

O processo de ultrafiltração realizado por membrana de massa molecular de corte de 10kDa mostrou-se efetiva na remoção da enzima polifenoloxidase em suco de banana. A membrana de ultrafiltração de 30kDa de massa molecular de corte somente reduziu a atividade da polifenoloxidase no produto (SIMS; BATES; ARREOLA, 1994).

Rodrigues e outros (2003) avaliaram o emprego da ultrafiltração no processamento de suco de banana (*Musa sapientum*, *shum.*) visando sua clarificação e remoção da polifenoloxidase. A atividade da enzima polifenoloxidase foi reduzida em 97,5 e 96,2%, para as membranas de massa molecular de corte de 10 e 30kDa, respectivamente.

5.1.2.1.2 - Análises físico-químicas

A Tabela 6 apresenta os resultados médios das avaliações físico-químicas e de cor instrumental da água de coco *in natura* e processada obtida no segundo processo preliminar.

Tabela 7 - Análises físico-químicas da água de coco *in natura* e processada.

Parâmetro	<i>In natura</i>	F ₁	F ₂	F ₃
pH	5,00	5,00	5,01	5,01
Sólidos solúveis (°Brix)	5,5	5,5	5,5	5,5
Acidez titulável (mg ácido cítrico/100mL)	52,90	52,69	52,90	52,90
Luminosidade*	96,79	96,87	92,83	91,63
a*	0,57	0,92	5,29	7,07
b*	4,37	4,06	3,80	2,92
Turbidez	36,63	3,84	3,39	3,48

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 10 e 20 minutos de processo, respectivamente.

O pH, o teor de sólidos solúveis, a acidez total titulável da água de coco não variaram com o processo de ultrafiltração. A turbidez da água de coco processada apresentou diferença significativa, quando comparada com a água de coco *in natura* e pôde ser observada visualmente. A redução da turbidez da água de coco ultrafiltrada é consequência da retenção de sólidos em suspensão pela membrana de filtração (MAGALHÃES et al.,2005).

A microfiltração foi comparada com a ultrafiltração na clarificação de suco de maçã por Wu e outros (1990). As membranas utilizadas foram uma membrana com tamanho de poro de 0,1µm e de massas moleculares de corte de 5 e 10kDa. Os resultados mostraram que o pH e a acidez não apresentaram diferenças significativas ao nível de 95% de confiança. Os autores verificaram diferenças significativas na cor e turbidez do suco de maçã, sendo os sucos mais claros obtidos com a membrana de 5kDa.

5.1.2.1.3 - Análises microbiológicas

A Tabela 7 mostra os resultados da avaliação microbiológica da água de coco verde *in natura* e ao longo do processo de ultrafiltração com a membrana de massa molecular de corte de 10kDa.

Tabela 8 - Caracterização microbiológica para a água de coco *in natura* e ultrafiltrada.

Amostra	CTMAM (UFC/mL)	Bolores e leveduras (UFC/mL)
<i>In natura</i>	$2,3 \times 10^2$	$1,2 \times 10$
F ₁	$< 1,0 \times 10$	$< 1,0$
F ₂	$< 1,0 \times 10$	$< 1,0$
F ₃	$< 1,0 \times 10$	$< 1,0$

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 10 e 20 minutos de processo, respectivamente.

CTMAM – contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos.

Houve uma redução $> 2 \log \text{UFC/mL}$ na contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos e $> 1 \log \text{UFC/mL}$ na contagem de bolores e leveduras na água de processada, evidenciando que a ultrafiltração foi efetiva na redução carga microbiana.

5.1.3 - Processo C

O terceiro processo preliminar foi uma repetição do processo preliminar B, sendo que foi adicionado ácido ascórbico na água de coco *in natura* na concentração de 200mg/L, logo depois que o produto foi extraído. O ácido ascórbico atua como antioxidante e evita a ação das enzimas presentes na água de coco. A temperatura do processo variou de 26 a 30 °C.

O comportamento do fluxo de permeado da água de coco com relação ao tempo de processo de ultrafiltração no terceiro processo preliminar encontra-se na Figura 9. O experimento iniciou-se com um fluxo de permeado com valor médio de 150 kg/m².h e decresceu com o tempo de processo, estabilizando-se por volta de 65 kg/m².h.

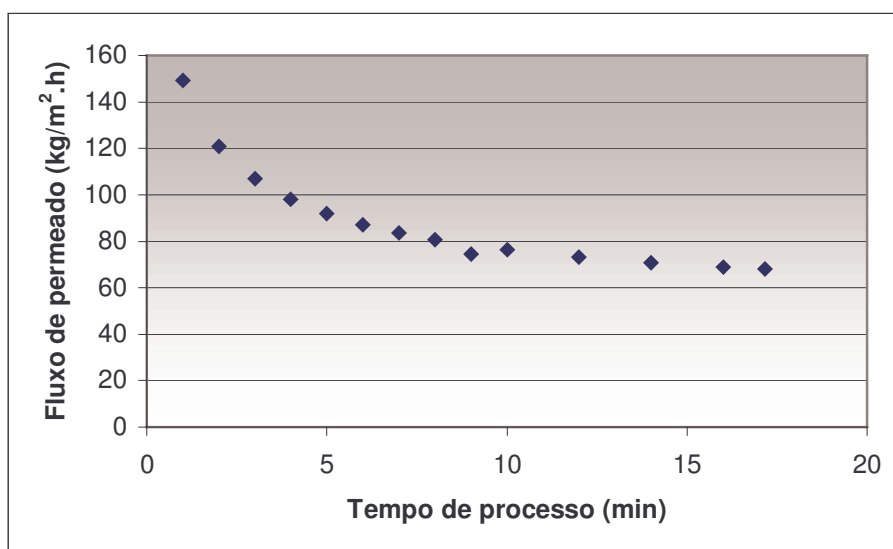


Figura 9 - Comportamento do fluxo de permeado durante a ultrafiltração de água de coco na membrana *hollow fiber* de polissulfona de 10kDa de massa molecular de corte.

5.1.3.1 - Avaliação da água de coco

5.1.3.1.1 - Atividade enzimática

Os resultados das análises da atividade enzimática da água de coco *in natura* e ultrafiltrada estão expressos na Tabela 8.

Tabela 9 - Atividade enzimática da água de coco *in natura* e ultrafiltrada.

Amostra	Peroxidase		Polifenoloxidase	
	Atividade (U/mL)	Retenção (%)	Atividade (U/mL)	Retenção (%)
<i>In natura</i>	27,2	-	2,70	-
F ₁	0	100	0	100
F ₂	0	100	0	100
F ₃	0	100	0	100

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 8 e 16 minutos de processo, respectivamente.

Comparando a atividade enzimática da água de coco antes e após o processo de ultrafiltração, foi possível concluir que as enzimas peroxidase e polifenoloxidase foram retidas pela membrana de ultrafiltração, independentemente da formação da camada gel polarizada durante o processo. A água de coco processada manteve a cor clara devido à adição do ácido ascórbico que impediu a reação enzimática antes da ultrafiltração.

O metabissulfito de potássio e o ácido ascórbico mostraram ser os aditivos mais eficientes na inibição da polifenoloxidase e peroxidase, respectivamente, em diversas frutas e vegetais em estudos realizados por Silva (1981). O metabissulfito de potássio na concentração de 150mg/L inibiu 100% da atividade da polifenoloxidase, mas apenas 11% da atividade da peroxidase na água de coco. A polifenoloxidase mostrou ser mais sensível aos efeitos deste aditivo que a peroxidase (CAMPOS et al., 1996).

Campos e outros (1996) observaram que o ácido ascórbico é o conservador mais eficiente na inibição das enzimas peroxidase e polifenoloxidase na água de coco verde. Os autores concluíram que o ácido ascórbico na concentração de 200mg/L inibiu 100% a atividade das duas enzimas e não afetou as propriedades

sensoriais da água de coco verde.

A Instrução Normativa nº. 39, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAA-IN39), estabelece que podem ser adicionados conservadores, antioxidantes e acidulantes químicos na água de coco, conforme aprovados para sucos de frutas, até a publicação de tabela de aditivos específica para água de coco. De acordo com a ABIA (1992), a maior concentração de aditivos permitidos para refrigerantes e sucos de frutas são de 300mg/L de ácido ascórbico, 200mg/L de metabissulfito de potássio e ácido cítrico na quantidade necessária.

5.1.3.1.2 - Análises físico-químicas

A Tabela 9 apresenta os resultados obtidos das análises físico-químicas da água de coco *in natura* e processada.

Tabela 10 - Análises físico-químicas da água de coco *in natura* e processada.

Parâmetro	<i>In natura</i>	F ₁	F ₂	F ₃
pH	4,95	4,95	4,95	4,95
Sólidos solúveis (°Brix)	5,2	5,2	5,2	5,2
Acidez titulável (mg ácido cítrico/100mL)	54,65	55,08	55,08	54,65
Luminosidade*	94,68	94,65	94,65	94,46
a*	-0,35	-0,37	-0,37	-0,39
b*	1,47	0,60	0,62	0,54
Turbidez	15,46	0,55	0,54	0,54

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 8 e 16 minutos de processo, respectivamente.

Os resultados das análises físico-químicas da água de coco *in natura* e processada mostram que o processo de ultrafiltração não causou efeito significativo sobre o pH, °Brix, acidez total titulável e cor do produto. A ultrafiltração reduziu significativamente a turbidez da água de coco processada, o produto obtido apresentava coloração límpida.

Os parâmetros físico-químicos não variaram ao longo do tempo de processamento, portanto a formação da camada gel polarizada não influenciou as características físico-químicas do produto ultrafiltrado analisados.

5.1.3.1.3 - Análises microbiológicas

Os resultados das análises microbiológicas realizadas no terceiro processo preliminar estão demonstrados na Tabela 10.

Tabela 11 - Caracterização microbiológica para a água de coco *in natura* e ultrafiltrada.

Amostra	CTMAM (UFC/mL)	Bolores e leveduras (UFC/mL)
<i>In natura</i>	$1,0 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$
F ₁	< 1,0	< 1,0
F ₂	< 1,0	< 1,0
F ₃	< 1,0	< 1,0

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 8 e 16 minutos de processo, respectivamente.

CTMAM – contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos.

O processo de ultrafiltração assegurou a qualidade microbiológica da água de coco processada, permitindo reduzir significativamente a contaminação microbiológica inicial do produto. Foi observado uma redução decimal > 3

logUFC/mL na contagem total de microorganismos aeróbios mesófilos e > 3 logUFC/mL na contagem de bolores e leveduras na água de coco ultrafiltrada.

Girard e Fukumoto (2000), baseados em extensa revisão bibliográfica, avaliaram a utilização dos processos de microfiltração e ultrafiltração para sucos de frutas. Estes autores afirmaram que sucos esterilizados a frio poderiam potencialmente ser produzidos, com a condução do processamento e do envase em sistemas assépticos.

A membrana de ultrafiltração de 10kDa de massa molecular de corte foi escolhida para a utilização nos processamentos definitivos em razão de reter as enzimas peroxidase e polifenoloxidase presentes na água de coco e o produto ser estável microbiologicamente.

5.2 - Processamentos definitivos

O processo de ultrafiltração e o envase de dois lotes de água de coco foram realizados na sala limpa, baseados nas conclusões dos processos preliminares. Como parâmetro de avaliação foram analisados, além dos já realizados, as características sensoriais e o estudo da estabilidade do produto.

5.2.1 - Composição química

As Tabelas 11 e 12 mostram os valores médios da composição química da água de coco *in natura* e ultrafiltrada dos processos D e E.

Tabela 12 – Composição química da água de coco *in natura* e ultrafiltrada do processo D.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Processada
Água (g/100mL)	95,12 ± 0,02	95,17 ± 0,23
Sólidos totais (g/100mL)	4,89 ± 0,02	4,83 ± 0,23
Sólidos solúveis (°Brix)	5,2 ± 0,0	5,2 ± 0,0
Açúcares totais (g/100mL)	4,75 ± 0,28	4,37 ± 0,10
Açúcares redutores (g/100mL)	3,92 ± 0,04	3,88 ± 0,05
Açúcares não redutores (g/100mL)	0,56 ± 0,12	0,49 ± 0,15
Proteínas (mg/100mL)	39,07 ± 1,63*	33,37 ± 0,81*
Lipídeos (mg/100mL)	16,70 ± 5,80	15,00 ± 7,10
Cinzas (g/100mL)	0,39 ± 0,01	0,40 ± 0,03

(*)significativo a $P \leq 0,05$

Tabela 13 - Composição química da água de coco *in natura* e ultrafiltrada do processo E.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Processada
Água (g/100mL)	96,24 ± 0,60	96,06 ± 0,30
Sólidos totais (g/100mL)	3,76 ± 0,60	3,94 ± 0,30
Sólidos solúveis (°Brix)	5,4 ± 0,0	5,4 ± 0,0
Açúcares totais (g/100mL)	4,27 ± 0,13	4,15 ± 0,10
Açúcares redutores (g/100mL)	3,68 ± 0,03	3,65 ± 0,05
Açúcares não redutores (g/100mL)	0,59 ± 0,10	0,50 ± 0,05
Proteínas (mg/100mL)	55,35 ± 1,63*	52,91 ± 0,81*
Lipídeos (mg/100mL)	26,70 ± 2,90	25,00 ± 5,00
Cinzas (g/100mL)	0,32 ± 0,01	0,34 ± 0,02

(*) significativo a $P \leq 0,05$

Comparando-se os resultados da composição química da água de coco com os dados publicados, pode-se concluir que os valores determinados estão condizentes com os encontrados na literatura. Em relação ao teor de sólidos totais, a água de coco *in natura* apresentou valores de 4,89 e 3,76 g/100mL, porém abaixo do valor de 5,00 g/100mL, encontrado por Maciel e outros (1992).

Os resultados para os teores de açúcares totais, 4,75 g/100mL e 4,27 g/100mL, estão dentro da faixa 4,00 – 6,00 g/100mL, determinada por Tocchini (1998). A concentração de açúcares redutores, 3,92 e 3,68 g/100mL, foi menor que o valor de 4,90 g/100mL descrito por Campos e outros (1996), enquanto que os teores de açúcares não redutores, 0,56 e 0,59 g/100mL, encontraram-se acima do valor de 0,20 g/100mL, determinado por Maciel e outros (1992).

Os valores determinados para o teor de proteína, 39,07 e 55,35 mg/100mL e para o teor de lipídios, 16,70 e 26,70 mg/100mL, para a água de coco *in natura*, encontraram-se bem acima dos valores de 19,50 mg/100mL de proteína e do valor de 11,00 mg/100mL de lipídios obtido por Campos e outros (1996). Os resultados para o teor de cinzas apresentaram valores de 0,39 e 0,32 g/100mL, e encontraram-se abaixo do valor de 0,60 g/100mL, encontrado por Maciel e outros (1992).

De acordo com Jayalekshmy e outros (1986), a composição da água de coco varia com o estágio de maturação. Os níveis de açúcares totais, sólidos totais e acidez total titulável aumentaram até os seis meses de maturação, decrescendo posteriormente. A concentração de lipídios e proteínas aumenta no estágio final de maturação. Diferenças na composição química da água de coco pode também ser devido à variedade do coco, idade, fatores ambientais, sanidade e práticas de cultivo, tanto quanto às condições de transporte e armazenamento do fruto (ARAGÃO, 2002).

Analisando os resultados da composição química da água de coco *in natura* e ultrafiltrada, pode-se observar que o processo de ultrafiltração influenciou pouco a composição química da água de coco. O teor de proteína da água de coco reduziu significativamente, enquanto que os outros parâmetros não sofreram alterações significativas com a ultrafiltração.

5.2.2 - Caracterização físico-química da água de coco

As Tabelas 13 a 15 mostram os valores médios dos parâmetros físico-químicos da água de coco *in natura* e ultrafiltrada dos processos D a F.

Tabela 14 - Caracterização físico-química da água de coco *in natura* e ultrafiltrada do processo D.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Processada
pH	4,94 ± 0,01	4,95 ± 0,00
Sólidos solúveis (°Brix)	5,2 ± 0,0	5,2 ± 0,0
Acidez total titulável (mg ácido cítrico/100mL)	52,23 ± 0,00	52,08 ± 3,27
Teor de ácido ascórbico (mg/100mL)	-	18,17 ± 0,00

Tabela 15 - Caracterização físico-química da água de coco *in natura* e ultrafiltrada do processo E.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Processada
pH	5,11 ± 0,01	5,11 ± 0,01
Sólidos solúveis (°Brix)	5,4 ± 0,0	5,4 ± 0,0
Acidez total titulável (mg ácido cítrico/100mL)	51,55 ± 0,00	51,55 ± 0,00
Teor de ácido ascórbico (mg/100mL)	-	18,51 ± 0,58

Tabela 16 - Caracterização físico-química da água de coco *in natura* e ultrafiltrada do processo F.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Processada
pH	4,87 ± 0,01	4,87 ± 0,00
Sólidos solúveis (°Brix)	5,5 ± 0,0	5,5 ± 0,0
Acidez total titulável (mg ácido cítrico/100mL)	64,33 ± 0,44	64,11 ± 0,38
Teor de ácido ascórbico (mg/100mL)	-	18,66 ± 0,00

Os resultados encontrados para pH (4,94 e 5,11) para a água de coco verde *in natura*, estão compatíveis com o valor de 5,05, determinado por David e Fernandes (1998). Os resultados obtidos para sólidos solúveis (5,2 e 5,4) da água de coco verde *in natura*, encontraram-se acima do valor 5,0 descrito por Abreu e Rosa (2000). Em relação à acidez total titulável, a água de coco verde *in natura* apresentou valores de 52,23 e 51,55 mg de ácido cítrico/100mL, encontrando-se dentro da faixa 13,9 – 76,8 mg de ácido cítrico/100mL, determinada por Campos e outros (1996).

Comparando os resultados dos parâmetros físico-químicos analisados na água de coco *in natura* e processada, foi possível concluir que o processo de ultrafiltração influenciou pouco as características físico-químicas da água de coco.

A água de coco obtida pelo processo de ultrafiltração atendeu aos requisitos estabelecidos pela Instrução Normativa nº. 39, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAA-IN39), para fixação de identidade e qualidade da água de coco. A água de coco deve ter acidez entre 0,03 e 0,18 g/100mL, pH mínimo de 4,3 e Brix máximo de 7,0% a 20°C (BRASIL, 2002).

O pH, teor de sólidos solúveis e acidez total titulável não sofreram alterações no processo de ultrafiltração. Magalhães e outros (2005) estudaram a conservação da água de coco verde através da microfiltração e da ultrafiltração e relataram que as características físico-químicas da água de coco permeada permaneceram inalteradas quando comparadas às da água de coco *in natura*. Para a microfiltração, foram utilizadas membranas com tamanho de poro de 0,1µm e, para a ultrafiltração, membranas com massa molecular de corte de 100, 50 e 20kDa. O teor de sólidos solúveis, acidez total titulável e pH não apresentaram diferença significativa entre os processos, quando comparados aos seus valores nas respectivas alimentações.

Todisco e outros (1996) observaram uma retenção de 20% de sólidos solúveis na microfiltração de suco de laranja. Bruijn e outros (2003) reportaram uma retenção de 5,5% nos sólidos solúveis, quando ultrafiltrou suco de maçã. Estudando a ultrafiltração de suco de limão em membranas de 10 a 300kDa de massa molecular de corte, Ray e outros (2003) verificaram que a redução de sólidos solúveis foi de 19 a 32%. Rodrigues e outros (2002) não constataram retenção de sólidos solúveis na microfiltração de suco de camu-camu.

A grande variação verificada nos dados da literatura com relação às retenções de sólidos solúveis nos processos por membranas sugerem que as mesmas possam estar relacionadas com a composição dos produtos estudados. Outros fatores que podem contribuir para a maior ou menor retenção de sólidos solúveis são as condições operacionais, como o uso de peneiras de refino em

polpas industrializadas, o diâmetro médio dos poros das membranas, o tipo de membrana utilizada e a colmatção da membrana (WOLKOFF, 2004).

O teor de ácido ascórbico da água de coco foi reduzido em 9,15%, 7,45% e 6,7%, nos processos D, E e F, respectivamente. A perda de vitamina C foi provavelmente ocasionada pela turbulência no tanque de alimentação, com consequente aeração indesejável, no sistema de bombeamento na unidade da membrana durante o processo e causando a oxidação do ácido ascórbico.

Vaillant e outros (1999) observaram no estudo da microfiltração de suco de maracujá que a temperatura e a velocidade tangencial favorecem a redução dos teores de ácido ascórbico pelo processo.

Wolkoff (2004) observou uma redução de ácido ascórbico entre 2,4 e 21,5% para uma mistura de sucos de acerola e caju microfiltrada. Rodrigues (2002), relatou uma redução de apenas 0,5% de ácido ascórbico durante a microfiltração do suco de camu camu.

5.3 - Processo asséptico

O processo de ultrafiltração e o envase de um lote de água de coco foi realizado em ambiente monitorado (sala limpa), sob as mesmas condições dos processamentos definitivos anteriores.

5.3.1 - Avaliação de desempenho do sistema asséptico

A monitoração de microrganismos no ar na sala limpa, durante o acondicionamento, foi realizada em 3 pontos: na mesa próximo ao ponto de envase, na mesa próximo à caixa de entrada e próximo à porta de entrada da sala limpa. Não houve crescimento de colônias em nenhuma placa de petri. Os

resultados obtidos mostram a reduzida concentração de microrganismos em suspensão na sala de envase.

Kang e Frank (1989) sugerem padrões para contagens inferiores a $1,8 \times 10^3 \text{UFC/m}^3$ em áreas limpas para acondicionamento asséptico. As contagens de microrganismos no ar podem atingir até 10^4UFC/m^3 , casos em que sua qualidade é considerada insatisfatória. Geralmente, as contagens de microrganismos no ar atingem 10^3UFC/m^3 durante um período normal de processamento (TROLLER, 1993).

Os resultados da avaliação microbiológica de contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos para avaliação dos procedimentos de esterilização da linha de processamento e envase foram a ausência de microrganismos em 30mL das 3 amostras de água de enxágue coletadas. Os resultados indicam eficiência dos procedimentos adotados na limpeza e esterilização da linha de processamento.

5.3.2 - Avaliação da água de coco

5.3.2.1 - Análises microbiológicas da matéria-prima

As análises microbiológicas da água de coco *in natura* indicaram contaminação por bolores e leveduras, com contagem de $2,7 \times 10^3 \text{UFC/mL}$, e por microrganismos aeróbios mesófilos de $4,2 \times 10^2 \text{UFC/mL}$.

O nível de contaminação inicial do produto não compromete o desempenho do processo por membranas, ao contrário dos processamentos térmicos, onde o binômio tempo/temperatura determina o número de reduções decimais de microrganismos.

5.3.2.2 - Determinação do pH

Os resultados das análises para determinação do pH da água de coco ultrafiltrada realizadas imediatamente após o processamento foi de 4,87, para as três amostras de água de coco analisadas.

5.3.2.3 - Teste de esterilidade comercial

Inspeção visual dos lotes após incubação a 35 °C/10 dias

A inspeção visual do lote foi feita em 20 unidades cujo pH foi determinado, verificando-se que não houve modificações de cor, odor e estufamento.

Determinação de pH

Após incubação a 35 °C/10 dias, foram feitas as determinações de pH em todas as 20 embalagens incubadas, cujos resultados estão apresentados na Tabela 16. Os valores não apresentaram alterações significativas ($\Delta\text{pH} > 0,2$) em relação aos valores medidos imediatamente após o processo.

Tabela 17 - Leitura de pH a 25°C em amostras de água de coco processada após incubação a 35°C/10 dias.

Amostra	pH	Amostra	pH
1	4,91 ± 0,01	11	4,89 ± 0,00
2	4,90 ± 0,00	12	4,90 ± 0,01
3	4,89 ± 0,00	13	4,90 ± 0,01
4	4,90 ± 0,01	14	4,91 ± 0,00
5	4,89 ± 0,00	15	4,89 ± 0,00
6	4,89 ± 0,00	16	4,91 ± 0,00
7	4,90 ± 0,00	17	4,89 ± 0,01
8	4,89 ± 0,01	18	4,89 ± 0,01
9	4,90 ± 0,00	19	4,90 ± 0,01
10	4,91 ± 0,00	20	4,90 ± 0,00

5.3.2.4 - Procedimento microbiológico para detecção de contaminantes

Após a incubação das amostras a 35°C/10 dias, 3 amostras foram destinadas ao procedimento microbiológico para detecção de contaminantes. Os resultados obtidos na análise microbiológica da água de coco ultrafiltrada e acondicionada assepticamente, foi negativo indicando a ausência de microrganismos mesófilos e termófilos, tanto aeróbios quanto anaeróbios, na água de coco ultrafiltrada.

Conforme a RDC nº12, de 2 de janeiro de 2001, da Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA), alimentos processados em embalagens herméticas, estáveis à temperatura ambiente, exceto leite e derivados UAT (UHT), com pH maior que 4,5, após 10 dias de incubação a 35-37°C, de embalagem fechada, não devem apresentar nenhuma alteração, ou seja, não devem existir sinais de alteração das embalagens, nem quaisquer modificações físicas, químicas ou organolépticas do

produto, que evidenciem deterioração e não podem revelar variação de pH maior que 0,2. De acordo com estes resultados, os produtos foram aprovados no teste de esterilidade comercial, não apresentando desenvolvimento de microrganismos capazes de causar alterações no produto, sendo considerados desta forma estéreis (ANVISA, 2001).

5.4 - Avaliação da estabilidade da água de coco

5.4.1 - Análises físico-químicas

As Tabelas 17 e 18 mostram os valores médios das análises físico-químicas da água de coco verde ultrafiltrada em função do tempo de estocagem sob refrigeração dos processos D e E, respectivamente.

Tabela 18 - Valores médios das análises físico-químicas durante o tempo de estocagem sob refrigeração para o processo D.

Tempo (dias)	Parâmetro				
	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez total titulável (mg ácido cítrico/100mL)	Teor de ácido ascórbico (mg/100mL)	Teor de oxigênio dissolvido (%)
0	4,95 ± 0,00	5,2 ± 0,0	52,08 ± 0,15	18,17 ± 0,00	5,1 ± 0,3
15	4,95 ± 0,01	5,0 ± 0,0	52,42 ± 0,30	16,83 ± 0,77	3,7 ± 1,1
30	4,94 ± 0,00	5,2 ± 0,0	53,98 ± 0,60	13,88 ± 0,76	2,3 ± 0,2
45	4,93 ± 0,01	5,4 ± 0,0	53,40 ± 0,74	14,13 ± 1,01	2,4 ± 0,7
60	4,91 ± 0,01	5,2 ± 0,0	53,08 ± 0,30	10,73 ± 1,61	2,0 ± 0,9
75	4,92 ± 0,01	5,0 ± 0,0	55,52 ± 0,00	12,20 ± 0,49	0,8 ± 0,3
90	4,92 ± 0,01	5,0 ± 0,0	57,13 ± 1,31	12,96 ± 0,87	1,0 ± 0,0

Tabela 19 - Valores médios das análises físico-químicas durante o tempo de estocagem sob refrigeração para o processo E.

Tempo (dias)	Parâmetro				
	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez total titulável (mg ácido cítrico/100mL)	Teor de ácido ascórbico (mg/100mL)	Teor de oxigênio dissolvido (%)
0	5,11 ± 0,01	5,4 ± 0,0	51,55 ± 1,18	18,51 ± 0,58	4,0 ± 0,3
15	5,11 ± 0,01	5,4 ± 0,0	52,25 ± 0,00	17,67 ± 0,87	4,2 ± 0,8
30	5,10 ± 0,01	5,4 ± 0,0	53,38 ± 0,60	14,04 ± 1,01	3,6 ± 1,2
45	5,08 ± 0,01	5,8 ± 0,0	52,72 ± 1,17	15,17 ± 1,88	1,8 ± 0,6
60	5,06 ± 0,01	5,8 ± 0,0	54,28 ± 0,30	12,01 ± 0,87	1,6 ± 0,4
75	5,06 ± 0,01	5,4 ± 0,0	53,72 ± 0,90	12,45 ± 2,20	1,1 ± 0,3
90	5,07 ± 0,01	5,4 ± 0,0	55,83 ± 0,33	13,08 ± 0,22	0,4 ± 0,0

A Tabela 19 mostra os valores médios das análises físico-químicas da água de coco verde ultrafiltrada em função do tempo de estocagem a temperatura ambiente do processo F.

Tabela 20 - Análises físico-químicas da água de coco e processada durante o tempo de estocagem do processo F.

Tempo (dias)	Parâmetro				
	pH	Sólidos solúveis (°Brix)	Acidez total titulável (mg ácido cítrico/100mL)	Teor de ácido ascórbico (mg/100mL)	Teor de oxigênio dissolvido (%)
0	4,87 ± 0,00	5,5 ± 0,0	64,11 ± 0,38	18,66 ± 0,00	2,2 ± 0,5
15	4,87 ± 0,00	5,4 ± 0,0	68,98 ± 0,66	2,45 ± 1,28	0,3 ± 0,1
30	4,86 ± 0,01	5,4 ± 0,0	71,30 ± 0,33	0,00 ± 0,00	0,0 ± 0,0

Os sólidos solúveis das amostras permaneceram praticamente estáveis ao final do tempo de armazenamento sob refrigeração e a temperatura ambiente, embora com pequenas oscilações ao longo deste período. Como aos 45 dias, quando as amostras dos processos D e E apresentaram um aumento de 3,7 e 6,9%, respectivamente. A comparação das médias dos teores de sólidos solúveis (°Brix) da água de coco ultrafiltrada durante o armazenamento, verificou-se que, apesar de serem observadas poucas variações entre os valores durante o período estudado, estatisticamente algumas delas foram significativas. Esta variação, entretanto, pode ser atribuída mais aos problemas de amostragem e homogeneidade da amostra do que ao armazenamento em si, já que não foi observada uma tendência de redução ou de aumento desse parâmetro.

Martin e outros (1995) verificaram que não houve alteração significativa no teor de sólidos solúveis no suco de laranja pasteurizado durante o período de 6 meses de armazenamento.

O pH das amostras apresentou redução ao final do período de estocagem de 0,6% (processo D), 0,78% (processo E) e 0,20% (processo F). A acidez do produto variou em 8,8, 7,7 e 10,1% no final do armazenamento, nos processos D, E e F, respectivamente. A perda total de vitamina C da água de coco durante a estocagem sob refrigeração foi de 28,7%, para o processo D, e 29,3% para o processo E, e o teor de oxigênio dissolvido foi reduzido em 80,4 e 90,0% para os processos D e F, respectivamente. Durante o armazenamento à temperatura ambiente, a redução do teor de ascórbico e do teor de oxigênio dissolvido no produto foi de 100%. Com exceção do teor de ácido ascórbico e do teor de oxigênio dissolvido, pode-se afirmar que as características físico-químicas do produto não apresentaram grandes alterações ao longo da estocagem sob refrigeração e à temperatura ambiente.

Os resultados das análises estatísticas da água de coco estocada sob

refrigeração revelaram que o pH, a acidez total titulável, o teor de ácido ascórbico e o teor de oxigênio dissolvido apresentaram uma função linear com o tempo durante a estocagem. Para a água de coco estocada à temperatura ambiente, pode-se verificar que houve alterações físico-químicas significativas ($P \leq 0,05$) na acidez total titulável, no teor de ácido ascórbico e no teor de oxigênio dissolvido durante a estocagem. O pH e o teor de sólidos solúveis não apresentaram diferenças significativas ($P \leq 0,05$) ao longo do tempo de estocagem.

A velocidade das reações ocorridas na água de coco durante o tempo de estocagem foi bem maior no produto armazenado a temperatura ambiente em relação ao produto refrigerado. Temperatura de estocagem alta causa maior deterioração na qualidade dos alimentos, devido ao aumento na taxa das reações físico-químicas.

Leber (2004) estudou a estabilidade de amostras de água de coco refrigerada e congelada e notou que os parâmetros físico-químicos que se mostraram com influência significativa na vida de prateleira do produto foram a transmitância ou turbidez, o pH e o teor de oxigênio dissolvido.

Matta e outros (2004) estudaram a estabilidade física, química e microbiológica do suco clarificado de acerola, obtido por microfiltração. A avaliação da vida de prateleira do suco de acerola clarificado mostrou que é possível obter um suco clarificado de acerola e preservá-lo durante três meses sob refrigeração, sem que ocorra alteração significativa das suas principais características químicas. O alto teor de ácido ascórbico do produto foi mantido constante durante todo o período de estocagem, preservando dessa forma a qualidade nutricional e funcional dos sucos.

5.4.1.1 - pH

A Figura 10 apresenta o comportamento do pH da água de coco ultrafiltrada com o decorrer do tempo de estocagem dos processos D e E.

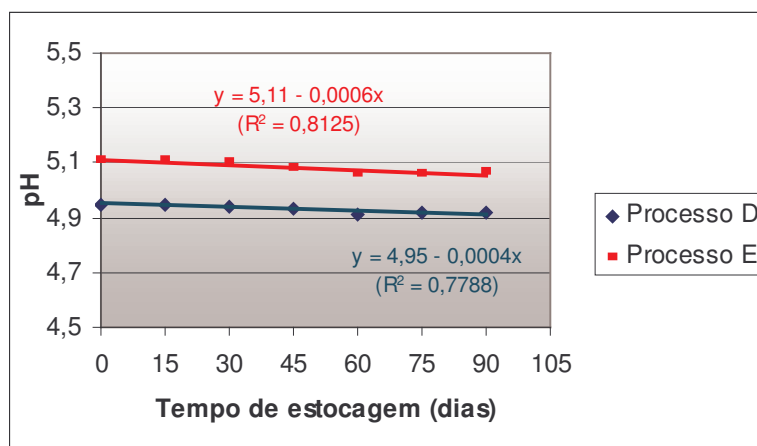


Figura 10 - Variação do pH da água de coco refrigerada em função do tempo de estocagem.

Na determinação de pH foi notada uma pequena variação ao longo da estocagem, a qual estatisticamente foi significativa ($P \leq 0,05$), conforme a regressão linear. Comparando-se os resultados das médias ao longo do período de estocagem, os valores de pH indicam que houve uma resposta linear entre este parâmetro em função do tempo para os dois lotes do produto.

O desenvolvimento de microrganismos em um meio pode resultar em alterações no valor do pH. Entretanto, como mostram os resultados das análises microbiológicas, apresentados a seguir, não foi observado crescimento microbiano em nenhum lote analisado durante o tempo de estocagem. Conclui-se que o pH foi decrescendo com o tempo devido às alterações físico-químicas, como interações químicas entre os componentes da água de coco ou a degradação de substâncias. Estas hipóteses podem justificar as variações no pH durante a estocagem (PETRUS, 2000; LEBER, 2000).

5.4.1.2 - Acidez total titulável

A Figura 11 indica o comportamento da acidez total titulável da água de coco ultrafiltrada, ao longo do tempo de estocagem, dos processos D, E e F.

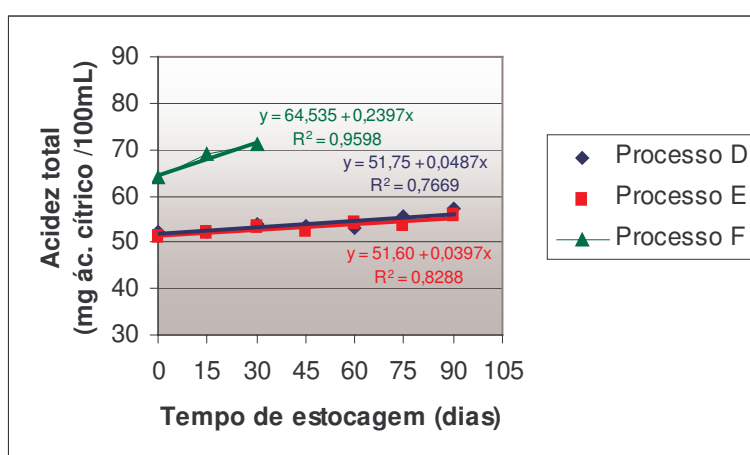


Figura 11 - Variação da acidez total da água de coco processada em função do tempo de estocagem.

Conforme a regressão linear, a variação da acidez total titulável ao longo do tempo de estocagem foi estatisticamente significativa ($P \leq 0,05$). A Figura 11 mostra uma função linear entre as médias obtidas da acidez total titulável com o tempo, comparando as amostras para cada lote durante a estocagem. A acidez total titulável da água de coco ultrafiltrada aumentou ao longo do período de estocagem.

5.4.1.3 - Teor de ácido ascórbico

A Figura 12 mostra a variação do teor de ácido ascórbico da água de coco ultrafiltrada durante a estocagem dos processos D, E e F.

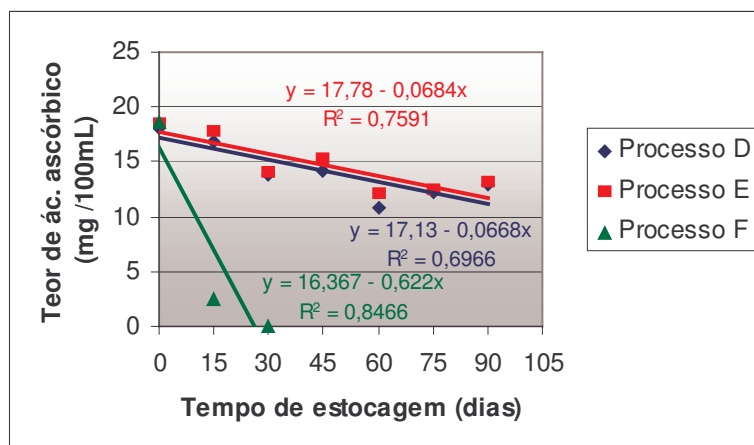


Figura 12 - Variação do teor de ácido ascórbico da água de coco processada em função do tempo de estocagem.

A comparação entre os resultados obtidos na determinação do teor de ácido ascórbico na água de coco processada, segundo a regressão linear, mostrou-se diferente estatisticamente ($P \leq 0,05$) ao longo do período de estocagem. Os resultados mostram que ocorreu a degradação do ácido ascórbico durante o tempo de estocagem nos três lotes.

A perda de vitamina C na água de coco processada durante o tempo de estocagem em relação ao teor adicionado nos processos D, E e F foram de 35,2%, 34,6% e 100%, respectivamente. Os principais fatores que causaram a degradação da vitamina C na água de coco ultrafiltrada foram a luz, pois usou-se embalagem transparente, e a incorporação de oxigênio durante o processo.

A velocidade de degradação do ácido ascórbico foi influenciada pela

temperatura de estocagem. A redução do ácido ascórbico na água de coco ultrafiltrada armazenada a temperatura ambiente foi bem maior quando comparada com a água de coco armazenada sob refrigeração. A temperatura de estocagem relatada em estudos é o fator mais crítico na preservação do ácido ascórbico. Mannheim e Havkin (1981) verificaram que sucos de laranja estocados a temperatura 4 °C apresentaram menor perda de ácido ascórbico em relação aos que foram armazenados a temperatura de 15 e 25 °C.

A degradação do ácido ascórbico pode ser atribuída, principalmente, à presença de oxigênio dissolvido no produto e no espaço livre da embalagem, o qual é consumido durante a estocagem (KENNEDY, 1992; FARIA, 1990).

A perda do valor nutricional de alimentos que contém ácido ascórbico é acompanhada pela deterioração do sabor e da qualidade, e, assim, reduzindo a vida de prateleira do produto (KENNEDY, 1992).

O ácido ascórbico é um forte agente redutor, cuja principal perda ocorre por degradação química. A estabilidade do ácido ascórbico é afetada por diversos fatores e constituintes do alimento como a concentração da vitamina, de sal e açúcar, aminoácidos, atividade de água, exposição à luz, pH, concentração de oxigênio, temperatura de estocagem e processamento e tipo de embalagem (OLIVA, 1995; FARIA, 1990).

Segundo Nielsen e outros (1993), o ácido ascórbico é uma molécula estável, entretanto, na presença de oxigênio ocorre a formação do ácido dehidroascórbico. Durante a degradação do ácido dehidroascórbico há a formação de substâncias como dióxido de carbono, ácido oxálico, ácido tartárico, ácido furóico, peróxido de hidrogênio e furfural, além dos compostos responsáveis pelo escurecimento. Portanto, o armazenamento da água de coco *in natura*, sob refrigeração, pode ter ocorrido o acúmulo destes compostos, que posteriormente

contribuíram para a formação da cor escura. A observação de uma leve redução do pH e aumento da acidez reforça a hipótese de degradação do ácido ascórbico, devido à formação dos compostos ácidos mencionados anteriormente (HENSHALL, 1981; GREGORY, 1996).

Petrus (2000) avaliou a estabilidade de uma bebida isotônica pasteurizada com uso de calor e acondicionada em garrafa plástica asséptica. A degradação da vitamina C foi a alteração físico-química da bebida que apresentou maior intensidade, atingindo uma redução de 70,7% durante 26 semanas de estocagem a 25°C. Ele atribuiu este resultado à existência do espaço livre na embalagem de PET utilizada, assim como ao oxigênio dissolvido na bebida.

Campos e outros (2002) relataram uma perda de ácido ascórbico de aproximadamente 46%, após 60 dias de armazenamento refrigerado de suco de caju microfiltrado. Apesar desta perda, concluíram que a alta concentração deste nutriente, ao final da estocagem refrigerado, permitiu que a bebida ainda fosse considerada uma boa fonte de vitamina C. D'Almeida (1996), após 60 dias de estocagem sob refrigeração (5°C) de polpa de acerola, verificou uma perda no teor de ácido ascórbico em torno de 18%. Durante o estudo da estabilidade de um repositivo hidroeletrolítico de maracujá, pasteurizado e processado assepticamente. De Marchi e outros (2003) observaram uma perda de vitamina C de cerca de 13%, após 96 dias de estocagem sob refrigeração.

5.4.1.4 - Teor de oxigênio dissolvido

O comportamento do teor de oxigênio dissolvido da água de coco ultrafiltrada com o decorrer do tempo de estocagem dos processos D, E e F estão apresentados na Figura 13.

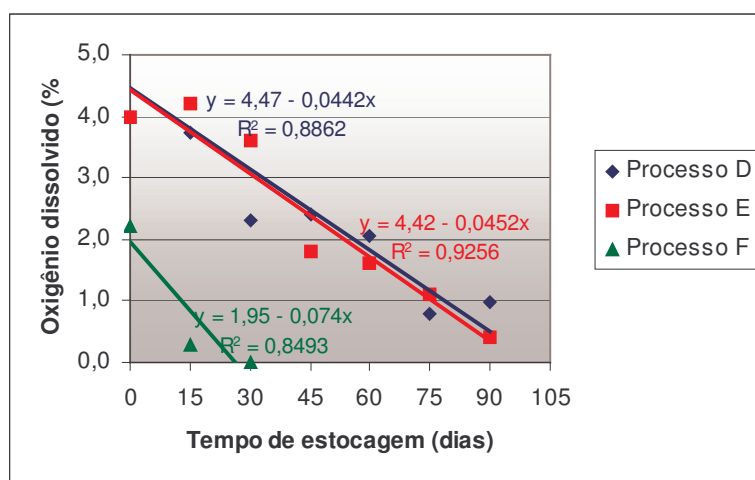


Figura 13 - Variação do teor de oxigênio dissolvido na água de coco processada em função do tempo de estocagem.

A variação do teor de oxigênio dissolvido ao longo do tempo de estocagem, segundo a regressão linear, mostrou-se estatisticamente significativa ($P \leq 0,05$). Os resultados das médias obtidas para o teor de oxigênio dissolvido na água de coco processada mostram que houve uma função linear de redução com o tempo ao longo da estocagem.

A água de coco obtida no processo F apresentou um teor de oxigênio dissolvido menor quando comparado aos processos D e E devido ao menor tempo de processo, e consequentemente, menor incorporação de oxigênio durante a ultrafiltração.

O consumo de oxigênio dissolvido na água de coco decresceu com o tempo

de estocagem, apresentando uma correlação com a taxa de decomposição do ácido ascórbico.

A taxa de degradação do ácido ascórbico em suco de laranja processado assepticamente em embalagens cartonadas em diferentes temperaturas de armazenamento foi avaliada por Kennedy e outros (1992). O nível de oxigênio dissolvido presente na amostra depois de envasada afetou significativamente o teor de ácido ascórbico, e o efeito foi diretamente relacionado com a temperatura.

A vitamina C pode ser degradada por reações enzimáticas e não enzimáticas. As reações não enzimáticas (escurecimento não enzimático) podem ser aeróbicas e não aeróbicas. Em presença de oxigênio, o ácido ascórbico é degradado a ácido dicetogulônico. Já sob anaerobiose é hidrolisado por diversas reações até formar dióxido de carbono e furfural, que se polimeriza formando melanoidinas. A degradação anaeróbica do ácido ascórbico é acelerada na faixa de pH 3,0 e 4,0 e em presença de açúcares redutores. A oxidação da vitamina C, via enzimática ou não, é acelerada pela presença de íons metálicos como cobre e ferro (HENSHALL, 1981; OLIVA, 1995; ARAÚJO, 1995).

5.4.1.5 - Cor e turbidez

As Tabelas 20 e 21 apresentam os resultados das análises de cor instrumental da água de coco durante o tempo de estocagem dos processos D e E.

Tabela 21 - Variação média da cor em função do tempo de armazenamento (0 a 90 dias) da água de coco estocada sob refrigeração para o processo D.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Tempo de estocagem (dias)						
		0	15	30	45	60	75	90
L*	94,39	94,71	94,65	94,45	94,56	94,61	94,37	94,52
a*	-0,17	-0,31	-0,39	-0,51	-0,42	-0,56	-0,52	-0,51
b*	1,67	0,63	0,94	1,92	1,26	1,77	2,22	2,08
Turbidez	17,48	1,07	1,66	0,88	1,75	3,33	1,36	2,98

L* - Luminosidade

Tabela 22 - Variação média da cor em função do tempo de armazenamento (0 a 90 dias) da água de coco estocada sob refrigeração para o processo E.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Tempo de estocagem (dias)						
		0	15	30	45	60	75	90
L*	94,44	94,78	94,49	94,73	94,79	94,63	94,48	94,50
a*	-0,02	-0,31	-0,31	-0,33	-0,32	-0,52	-0,49	-0,49
b*	2,56	0,65	0,67	0,85	1,02	1,16	1,53	1,57
Turbidez	32,13	1,13	1,53	2,03	3,76	1,38	1,53	1,80

L* - Luminosidade

A Tabela 22 mostra os resultados obtidos das análises físico-químicas da água de coco *in natura* e processada do processo F.

Tabela 23 - Análises físico-químicas da água de coco *in natura* e processada durante o tempo de estocagem do processo F.

Parâmetro	<i>In natura</i>	Tempo de estocagem (dias)		
		0	15	30
L*	94,72	94,63	94,42	94,16
a*	-0,30	-0,35	-0,48	-0,45
b*	1,67	0,79	1,07	1,51
Turbidez	15,63	1,00	2,69	3,34
L* - Luminosidade				

A ultrafiltração reduziu significativamente a turbidez da água de coco verde e os parâmetros de cor L*, a* e b* não sofreram influência do processo. A água de coco obtida pelo processo de ultrafiltração apresentou uma coloração transparente até o final do tempo de estocagem.

As Figuras 14 a 17 apresentam a variação dos parâmetros de cor L*, a* e b* e da turbidez durante a estocagem.

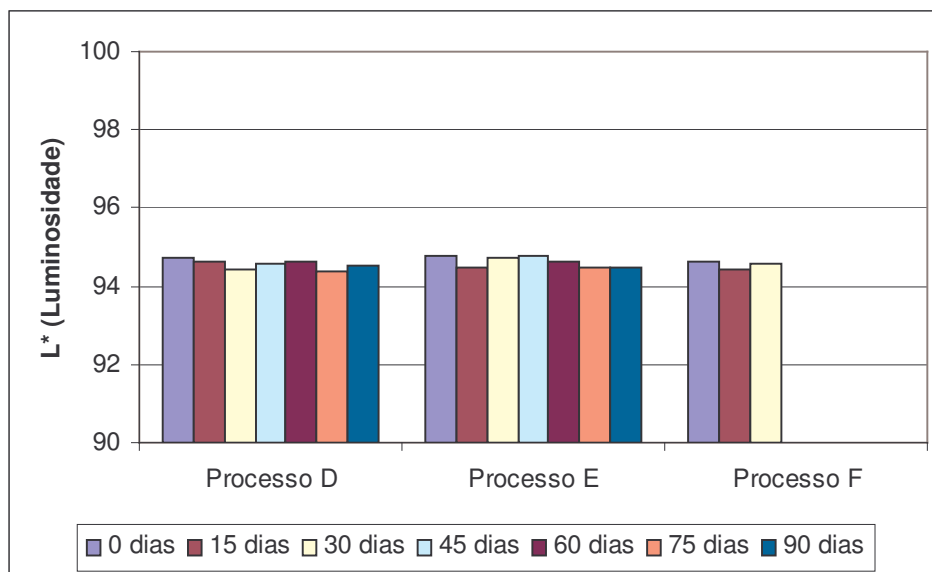


Figura 14 - Valores de L* (Luminosidade) no sistema Hunter para a água de coco em função do tempo de estocagem.

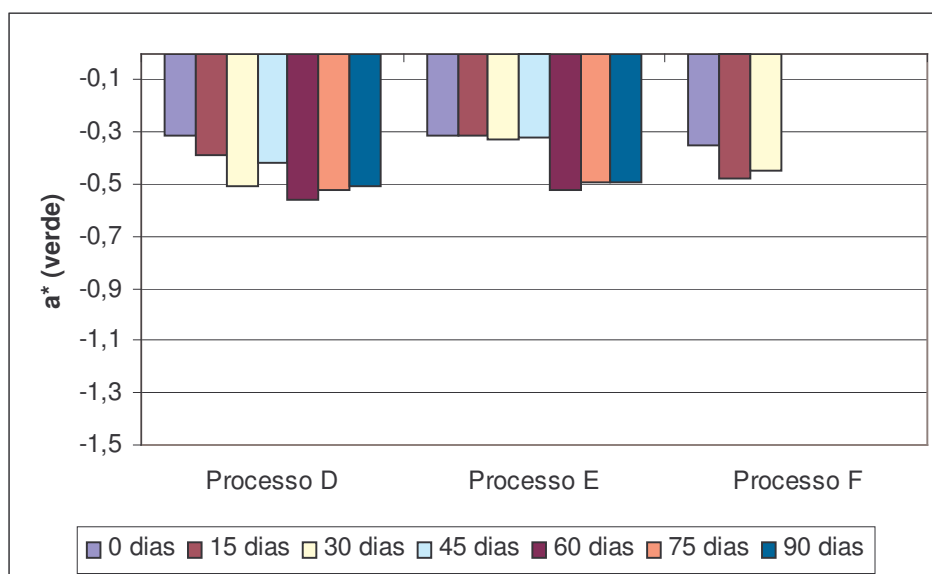


Figura 15 - Valores de a* (intensidade de verde) no sistema Hunter para a água de em função do tempo de estocagem.

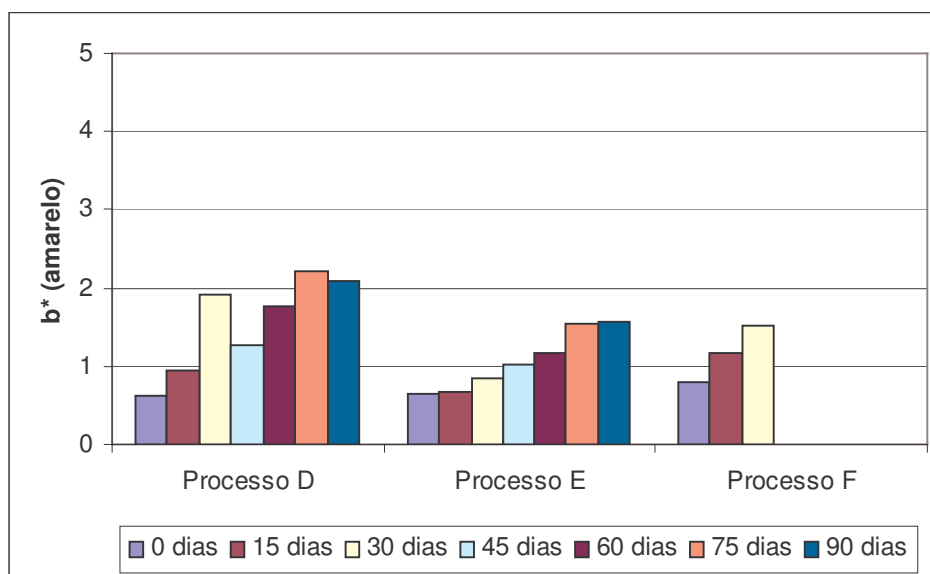


Figura 16 - Valores de b^* (intensidade de amarelo) no sistema Hunter para a água de coco em função do tempo de estocagem.

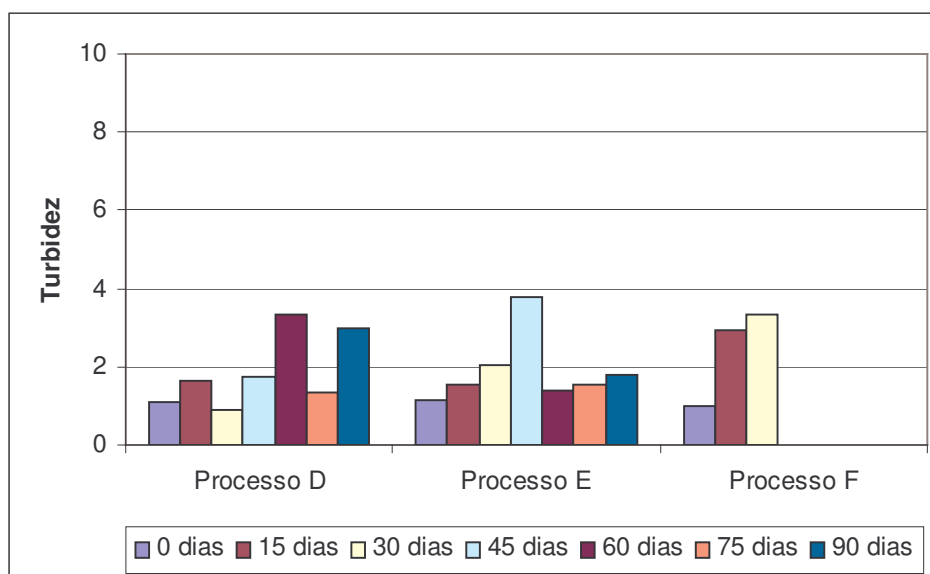


Figura 17 - Valores da turbidez no sistema Hunter para a água de coco em função do tempo de estocagem.

Os parâmetros de cor L^* e a^* (intensidade de verde) permaneceram estáveis durante a estocagem, enquanto que a variável b^* (intensidade de amarelo) apresentou aumento da saturação na direção do amarelo (+b) ao longo do armazenamento. A água de coco ultrafiltrada manteve a coloração transparente até o final da estocagem sob refrigeração e a temperatura ambiente. A turbidez apresentou valores baixos que oscilaram durante o período estudado, sem que houvesse qualquer alteração microbiológica ou visual nas amostras.

Leber (2001) avaliou as alterações da turbidez da água de coco refrigerada e congelada ao longo da estocagem. Com o passar do tempo de armazenamento, verificou-se o aumento da turbidez do produto. A água de coco mostrou maior estabilidade quanto à alteração na turbidez quando estocadas à temperatura de 0, 5 e 10°C do que o produto armazenado à temperatura de 15°C. A água de coco foi se tornando mais turva devido às transformações físico-químicas ocorridas, como agregação de proteínas e também atuação das enzimas nos compostos fenólicos (catequinas) na água de coco congelada.

Campos e outros (1996) estudaram as alterações químicas e físico-químicas em amostras de água de coco e observaram a correlação entre as concentrações de proteínas, lipídios, sólidos solúveis e de compostos fenólicos (catequinas) e do pH com a porcentagem de transmitância. Os teores de proteínas, de lipídios e de sólidos solúveis decresceram a medida que a transmitância diminuía.

5.4.1.6 - Atividade enzimática

Os resultados obtidos para a atividade enzimática da água de coco *in natura* foi de 5,30U/mL para a peroxidase e 1,87U/mL da polifenoloxidase do processo D. A água de coco *in natura* do processo E apresenta atividade enzimática de 4,24U/mL da peroxidase e 1,44U/mL da polifenoloxidase. As 3

amostras de água de coco ultrafiltrada, retiradas no início, meio e fim do processo, não apresentaram atividade para ambas as enzimas nos processos D e E. Conclui-se que a membrana de ultrafiltração conseguiu reter as enzimas peroxidase e polifenoloxidase.

A Tabela 23 apresenta os resultados das análises da atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase na água de coco *in natura* e processada do processo F.

Tabela 24 - Atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase da água de coco *in natura* e processada do processo F.

Amostra	Peroxidase		Polifenoloxidase	
	Atividade (U/mL)	Retenção (%)	Atividade (U/mL)	Retenção (%)
<i>In natura</i>	5,10	-	0,15	-
F ₁	0,20	96,08	0	100
F ₂	0	100	0	100
F ₃	0	100	0	100

F₁, F₂, F₃ – amostras de água de coco coletadas nos tempos 0, 20 e 40 minutos de processo, respectivamente.

O resultado da atividade da peroxidase medida no produto acondicionado no início do processo foi de 0,20U/mL, significando que a membrana reteu 96,08% da enzima presente na água de coco. A polifenoloxidase, por ser uma enzima de maior massa molecular do que a peroxidase, foi retida 100% pela membrana durante todo o processo.

A passagem da enzima peroxidase pela membrana antes da formação da camada gel polarizada no processo de ultrafiltração, devido à existência de

isoenzimas com menor massa molecular que o poro da membrana, causou o escurecimento do produto envasado no início do processo (SATO, 2004).

5.4.2 - Análises microbiológicas

A Tabela 24 apresenta os resultados da avaliação microbiológica da água de coco *in natura* utilizada nos processos D e E.

Tabela 25 - Contagem microbiológica para a água de coco *in natura*.

Análise	Processo D	Processo E
CTMAM (UFC/mL)	$9,75 \times 10^2$	$2,2 \times 10^3$
Contagem de bolores e leveduras (UFC/mL)	$7,0 \times 10$	$1,6 \times 10^3$
Coliformes totais (NMP/g)	< 0,3	9,3
Coliformes fecais (NMP/g)	< 0,3	< 0,3

CTMAM – contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos.

Os resultados das avaliações microbiológicas da água de coco ultrafiltrada indicaram contaminação por contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos e por bolores e leveduras inferiores a <1,0UFC/mL em todos os tempos de armazenamento avaliados. Foi verificada a ausência de *Salmonella* em 25mL e a contagem de coliformes a 35°C e 45°C foi <3NMP/mL ao longo do tempo de estocagem.

Conforme consulta à legislação da Agência Nacional da Vigilância Sanitária, do Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos da RDC n°12 de 02 de janeiro de 2001, a água de coco *in natura* pode apresentar contaminação de até 10^2 UFC/mL e a pasteurizada de até 10UFC/mL de coliformes de origem fecal (a 45°C de incubação). E ambas devem apresentar ausência de *Salmonella* sp em 25 mL, sendo que não existem padrões microbiológicos para água de coco ultrafiltrada. Comparando os resultados

microbiológicos com os padrões estabelecidos pela Agência Nacional da Vigilância Sanitária, verifica-se que a água de coco ultrafiltrada está de acordo com os padrões legais vigentes para a água de coco durante todo o período de estocagem (ANVISA, 2001).

A estabilidade microbiológica da água de coco processada pode ser atribuída à ausência de microrganismos nas amostras analisadas ou ao fato de que os microrganismos contaminantes não foram capazes de se desenvolver nas condições normais de estocagem.

Carneiro e outros (2002) estudaram a clarificação e esterilização do suco de abacaxi pelo processo de microfiltração utilizando uma membrana tubular de polietersulfona de tamanho de poro de 0,3µm. O suco de abacaxi microfiltrado foi armazenado sob refrigeração à temperatura de 8°C e analisados por um período de 28 dias. As avaliações microbiológicas do produto apresentaram contagem total de microrganismos aeróbios mesófilos e de bolores e leveduras <10UFC/mL, coliformes totais <0,3/mL e ausência de *Salmonella* em 25g. Esses parâmetros foram mantidos durante o tempo de estocagem.

5.4.3 - Avaliação sensorial

As médias das notas atribuídas pelos provadores nos testes de aceitação da água de coco ultrafiltrada dos processos D e E são apresentadas nas Tabela 25 e 26.

Tabela 26 - Média das notas dos testes de aceitação da água de coco processada durante o tempo de estocagem do processo D.

Tempo de estocagem (dias)	Atributo avaliado			
	Aparência	Aroma	Sabor	Impressão global
0	7,7	6,3	7,3	7,4
15	8,0	6,5	7,4	7,4
30	7,5	6,2	7,0	7,2
45	7,7	6,4	7,2	7,1
60	8,0	6,3	6,8	6,7
75	7,6	6,4	6,9	6,9
90	7,9	6,2	6,8	6,8

Tabela 27 - Média das notas dos testes de aceitação da água de coco processada durante o tempo de estocagem do processo E.

Tempo de estocagem (dias)	Atributo avaliado			
	Aparência	Aroma	Sabor	Impressão global
0	8,0	6,2	7,5	7,4
15	7,6	6,3	7,3	7,2
30	7,4	6,1	7,1	7,0
45	7,4	6,0	7,0	7,1
60	7,7	5,9	6,7	7,0
75	7,7	6,0	6,7	7,1
90	7,8	6,2	6,9	7,0

A maioria das respostas obtidas encontra-se na faixa que indica a aceitação do produto, ou seja, valores iguais ou superiores a 5 na escala hedônica, para todos os atributos avaliados, sendo que o aroma foi o atributo que apresentou as

menores médias atribuídas pelos provadores, entretanto as aceitações médias para este atributo encontram-se na faixa “não gostei nem desgostei” e “gostei ligeiramente”.

Para os atributos sabor e impressão global, observa-se comportamentos similares ao longo da estocagem sob refrigeração. A aceitabilidade da água de coco em relação a estes atributos diminuiu com o tempo de armazenamento. As médias de aceitação dos atributos sabor e impressão global apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) ao longo do tempo de armazenamento. As médias de aceitação para os atributos aparência e aroma não diferiram significativamente ($P < 0,05$) durante o período de estocagem.

A diminuição do nível de aceitação do sabor da água de coco durante a estocagem pode ser atribuída a degradação de ácido ascórbico, que resulta na formação de substâncias como hidroximetilfurfural (HMF), e outras que conferem sabor desagradável durante a estocagem (HENSHALL, 1981; NIELSEN et al., 1993). Em sucos de laranja há uma alta correlação entre *off-flavors* (sabores e odores estranhos) e formação de furfural (NAGY e RANDALL, 1973).

Os resultados do atributo impressão global da análise sensorial reflete a aceitação pelo consumidor da amostra em base à memória afetiva dos atributos aparência, aroma e sabor avaliados isoladamente. Por isso pode ser adotado para explicar estes atributos conjuntamente (ANZALDÚA-MORALES, 1994)

As Figuras 18 e 19 indicam o comportamento das médias do nível de aceitação para os atributos sabor e impressão global da água de coco ultrafiltrada com o decorrer do tempo de estocagem dos processos D e F.

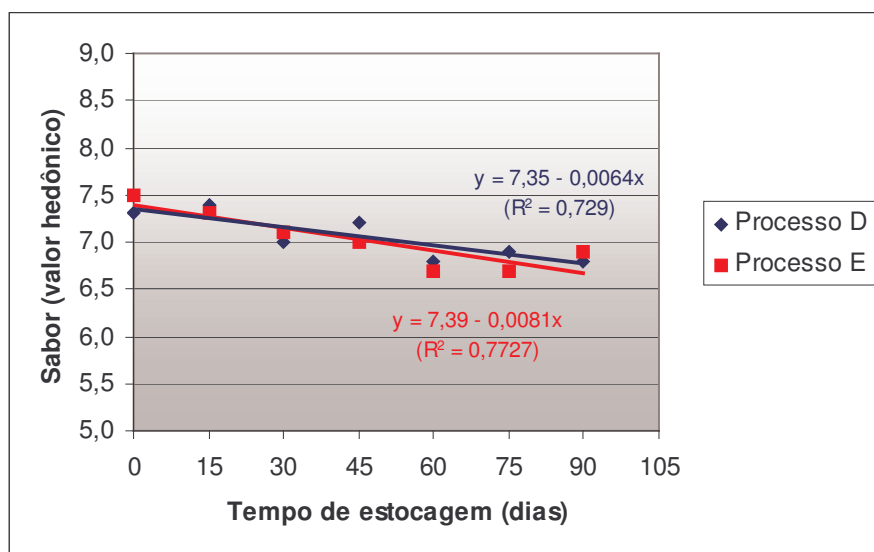


Figura 18 - Variação do nível de aceitação sensorial para o atributo sabor da água de coco refrigerada em função do tempo de estocagem.

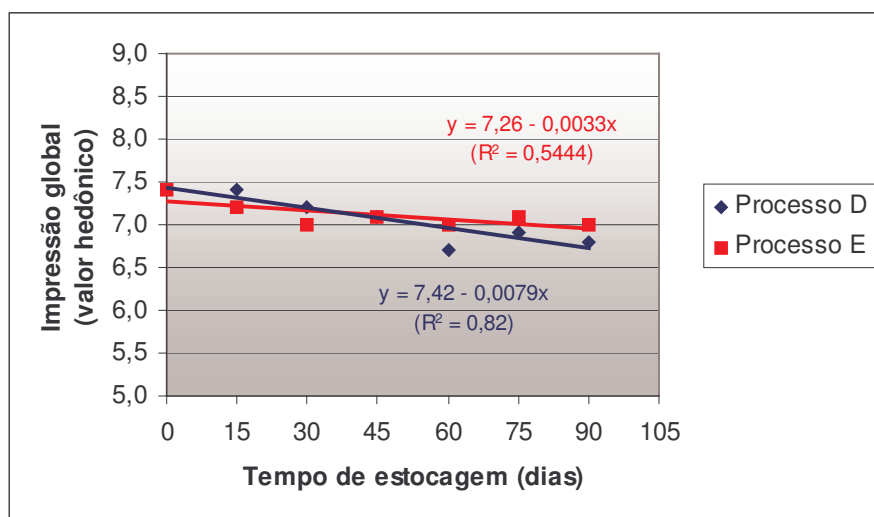


Figura 19 - Variação do nível de aceitação sensorial para o atributo impressão global da água de coco refrigerada em função do tempo de estocagem.

A Tabela 27 apresenta as médias das notas atribuídas pelos provadores no teste de aceitação da água de coco ultrafiltrada do processo F durante o tempo de estocagem.

Tabela 28 - Média das notas dos testes de aceitação da água de coco *in natura* e ultrafiltrada do processo F.

Tempo de estocagem (dias)	Atributo avaliado			
	Aparência	Aroma	Sabor	Impressão global
0	7,4	6,4	7,4	7,3
15	7,8	6,1	7,5	7,3
30	7,6	6,0	7,0	7,1

A maioria das notas recebidas pelo produto situa-se na região indicativa de aprovação do produto, ou seja, valores acima de 5 na escala hedônica. O aroma apresentou as menores notas de aceitação entre os atributos avaliados, sendo os valores médios encontram-se na faixa de aceitação.

As médias do teste de aceitação não diferiram significativamente ($P < 0,05$) para os atributos avaliados entre o início e fim do período de estocagem, demonstrando que o grau de aceitação da água de coco ultrafiltrada se manteve durante 30 dias de estocagem a temperatura ambiente.

A análise sensorial demonstrou que a água de coco ultrafiltrada teve aceitação de 100% dos consumidores, sendo que 10% gostaram muitíssimo, 40% gostaram muito, 20% gostaram moderadamente e 30% gostaram ligeiramente. A aceitabilidade da água de coco verde ultrafiltrada foi estudada por Magalhães e outros (2005). O teste de aceitabilidade da água de coco processada mostrou que 94% dos consumidores gostaram do produto. Ao se avaliar o que os consumidores mais gostaram na água de coco, foi possível destacar o sabor (22%

dos consumidores) e a doçura (15%). Com relação ao que mais desgostaram, 71% dos consumidores não indicaram um atributo.

Matta (1999) estudou a clarificação do suco de acerola utilizando processo de separação por membranas. O resultado da análise sensorial do suco clarificado, formulado com água e açúcar, evidenciou a qualidade do produto obtido, onde 84% dos consumidores gostaram do suco, 11% não gostaram nem desgostaram e apenas 5% desgostaram. Silva e outros (2005) avaliaram o processo de microfiltração do suco de maracujá e sua aceitabilidade sensorial. O refresco de maracujá, obtido a partir do suco de maracujá orgânico microfiltrado, obteve boa aceitabilidade sensorial, tendo sido aprovado por 75% dos consumidores e apenas 21% dos consumidores desgostaram do produto. O efeito do processo de ultrafiltração no suco de banana foi avaliado por Sims e outros (1994). A ultrafiltração não influenciou significativamente o sabor do suco de banana ultrafiltrado.

O histograma de intenção de compra do produto em todos os tempos de estocagem avaliados encontra-se no Anexo 4. A água de coco ultrafiltrada obteve bons índices de intenção de compra, indicando que o mesmo apresenta um provável potencial de comercialização.

5.4.4 - Correlações entre fatores relacionados à estabilidade

5.4.4.1 - Correlação do pH com a acidez total titulável

As correlações entre a variação do pH e da acidez total titulável da água de coco apresentaram o mesmo comportamento para o produto durante o tempo de estocagem sob refrigeração e a temperatura ambiente. A correlação entre as variáveis seguiu uma função linear, onde a acidez total titulável e o pH estão inversamente relacionados. Esta correlação pode ser observada nas Figuras 20 e 21.

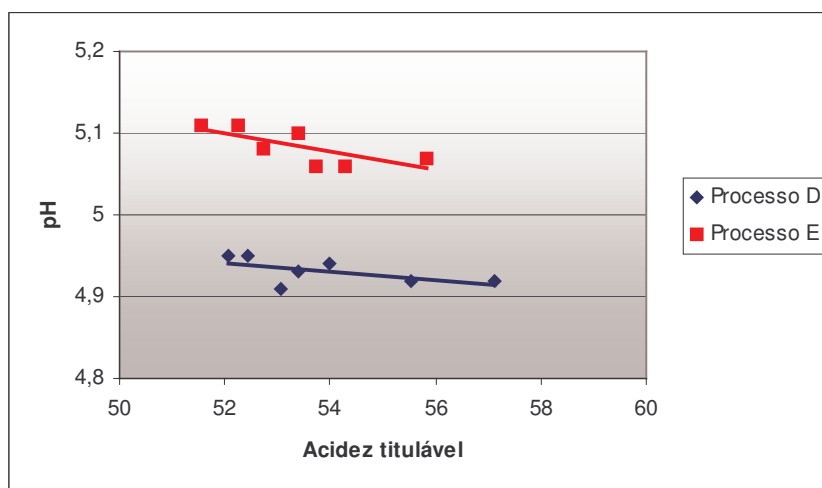


Figura 20 – Correlação entre a variação do pH e da acidez total titulável da água de coco refrigerada.

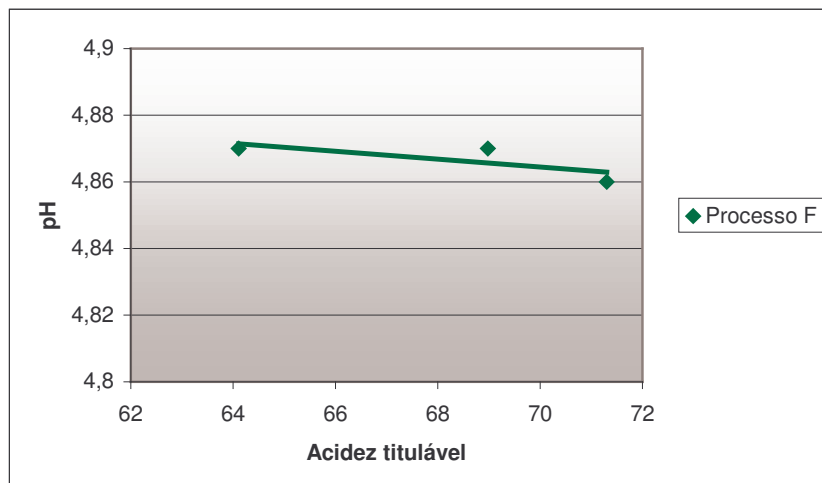


Figura 21 - Correlação entre a variação do pH e da acidez total titulável da água de coco estocada a temperatura ambiente.

5.4.4.2 - Correlação do teor de ácido ascórbico com o teor de oxigênio dissolvido

Os teores de ácido ascórbico e de oxigênio dissolvido da água de coco apresentaram uma correlação linear ao longo do tempo de armazenamento. Estas variáveis estão diretamente relacionados, ou seja, o teor de oxigênio diminui conforme decresce o teor de ácido ascórbico, como pode ser observado na Figura 22.

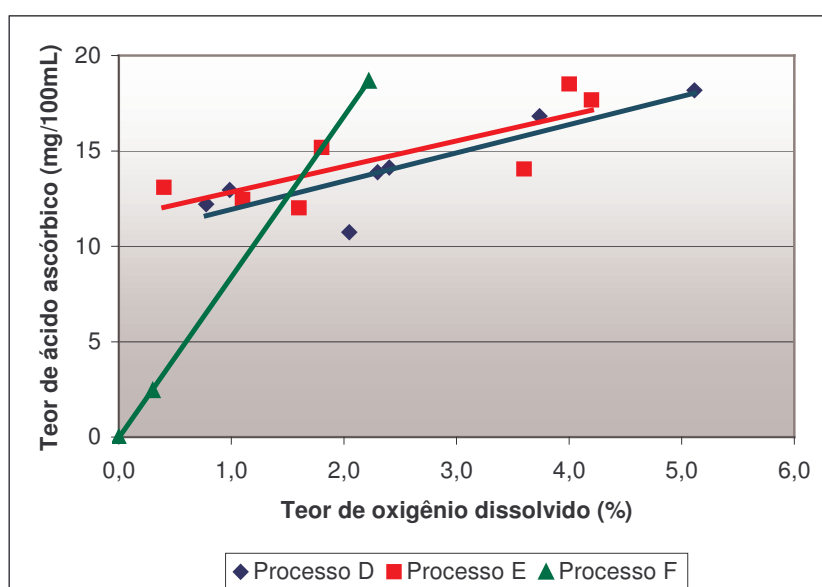


Figura 22 - Correlação entre a variação dos teores de ácido ascórbico e oxigênio dissolvido da água de coco estocada sob refrigeração e a temperatura ambiente.

6 - CONCLUSÕES

- ♦ As membranas de ultrafiltração de massa molecular de corte de 10 e 50kDa apresentaram o mesmo índice de comportamento de fluxo de permeado com o tempo de processo.
- ♦ As enzimas peroxidase e polifenoloxidase presentes na água de coco verde não foram retidas pela membrana de ultrafiltração de massa molecular de corte de 50kDa.
- ♦ O processo de ultrafiltração de água de coco verde utilizando uma membrana de 10kDa de massa molecular de corte foi eficiente na retenção das enzimas e dos microrganismos. A retenção da enzima peroxidase dependeu da formação da camada gel polarizada.
- ♦ O processo de ultrafiltração seguido de um sistema de envase asséptico possibilitou a obtenção de um produto comercialmente estéril, após o teste de esterilidade comercial.
- ♦ Não houve influência da massa molecular de corte da membrana no índice de fluxo de permeado com o tempo de processo para a água de coco verde. O fluxo de permeado inicial médio foi de 130 kg/m².h e reduziu-se em aproximadamente 50% ao se estabilizar no valor médio de 60 kg/m².h.
- ♦ O processo de ultrafiltração não causou efeito significativo sobre o pH, teor de sólidos solúveis, acidez total titulável e os parâmetros de cor, L*, a* e b*, do produto. A ultrafiltração reduziu significativamente a turbidez da água de coco. O produto obtido apresentou coloração límpida. A camada gel polarizada não influenciou as características físico-químicas do produto ultrafiltrado. Houve

diferença significativa nos teores de proteína da água de coco ultrafiltrada quando comparada com a água de coco *in natura*.

- ♦ As análises físico-químicas da água de coco processada indicaram diferenças estatisticamente significativas ($P < 0,05$) entre os resultados de pH, acidez total titulável, teor de ácido ascórbico e teor de oxigênio dissolvido durante o armazenamento sob refrigeração. Não foram observadas diferenças significativas para o teor de sólidos solúveis. Dos parâmetros de cor, as variáveis L^* e a^* permaneceram constantes e a variável b^* apresentou diferença significativa, aumentando a saturação na direção do amarelo (+b).
- ♦ A água de coco ultrafiltrada estocada à temperatura ambiente apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) para acidez total titulável, teor de ácido ascórbico, teor de oxigênio dissolvido ao longo da estocagem. O teor de sólidos solúveis e o pH não apresentaram diferenças significativas.
- ♦ A água de coco ultrafiltrada estocada sob refrigeração apresentou boa aceitação sensorial durante os 90 dias de estocagem. Houve variação estatisticamente significativa ($P < 0,05$) entre as médias das notas atribuídas para sabor e impressão global ao longo da estocagem.
- ♦ As análises sensoriais indicaram que a água de coco ultrafiltrada apresentou-se estável durante o tempo de estocagem de 30 dias à temperatura ambiente, não havendo diferenças significativas ($P < 0,05$) durante a estocagem.
- Os dados obtidos de aceitabilidade e intenção de compra indicam que a água de coco ultrafiltrada é um produto com uma boa perspectiva de comercialização.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABREU, F. A. P. Embrapa revoluciona industrialização da água de coco. **Embrapa – Agência do Estado – Ciência e Tecnologia**, 09/junho/1999.
2. ABREU, F. A. P. de; ROSA, M. de F. **Água de coco: Métodos de Conservação**. Embrapa – SEBRAE, Fortaleza, junho/2000.
3. ABREU, L. F.; FARIA, J. A F.; GÂNDARA; A L. N.; TAXI, C. M. A D.; MARQUES, C. R. E. Avaliação de processo de sanificação química de garrafas plásticas para sistemas assépticos. **Higiene Alimentar**. v. 16, p. 79 – 84, 2002.
4. ABREU, L. F.; FARIA, J. A F. Evaluation of a system for chemical sterilization of packages. **Packaging Technology and Sciences**, n. 17, p. 37-42, 2004.
5. ABREU, L. F. **Avaliação e adaptação de sistema asséptico para obtenção de água de coco (*Cocos Nucifera* L.) acondicionada em embalagens plásticas**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Doutorado, 199p., 2005.
6. Agência Brasil. **Água de coco do Brasil começa a ganhar o mundo**. Entrevista de 17/03/2004. <http://www.netbabillons.com.br/bolsa/bolsa246.htm>. 08 ago. 2004.
7. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, Resolução – RDC n° 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da [República Federativa do Brasil]**; DF, 10 de janeiro de 2001. Disponível em <http://e-legis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=144>. Acesso em 08 mai. 2005.

8. ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1994. 198p.
9. ANDRADE, N. J.; DE MACÊDO, J. A. B. **Higienização na Indústria de Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda, 1996. 182p.
10. ANON. Aseptics take off. **Food Technology**, Chicago, p. 46-50, Jan., 1971.
11. AOAC. American Official of Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. ed. Washington, 1997.
12. APHA. DOWNES, F. P.; ITO, K. [ed.]. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4 ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2001. 676p.
13. ARAGÃO, W. M.; ISBERNER, I. V.; CRUZ, E. M. **Água de coco**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. 32p.
14. ARAGÃO, W. M. (Ed.) **Coco. Pós-colheita**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. 76p.
15. ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 335p.
16. BASSETTI, F. J. **Preparação, caracterização e aplicação de membranas poliméricas microporosas assimétricas**. Campinas, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas.

17. BENNETT, E.S.F. O fim de uma era (ISO 14664 substitui oficialmente a U.S. Fed. Std. 209E). **Revista da Sociedade Brasileira de Controle da Contaminação (SBCC)**, São José dos Campos, nº 06, p. 28-29, jan/fev, 2002.
18. BERTRAND, K. Aseptic – Beyond Brick-style Paks. *Packaging*. May. p. 65-70, 1984.
19. BLOIS, A. Concepção, realização e certificação de áreas limpas. In: **Seminário Sociedade Brasileira de Controle da Contaminação (SBCC): Introdução à tecnologia de áreas limpas**, São José dos Campos, 2002.
20. BLÜMKE, H. Sterile room techniques in the food industry. In: REUTER, H. **Aseptic Processing of Foods**. Hamburg: Technomic, 1993. Cap. 6.11, p. 265-270.
21. BRASIL. Instrução Normativa N° 39, de 29/05. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, 2002.
22. BRUIJN, J. P. F.; VENEGAS, A.; MARTÍNNEZ, J. A.; BÓRQUEZ. Ultrafiltration performance of Carbosep membranes for the clarification of apple juice. **Lebensmittel Wissenschaft and Technology**. v. 36, p. 397-406, 2003.
23. BUCHNER, N. Aseptic packaging in glass and plastic bottles. In: REUTER, H. **Aseptic Processing of Foods**. Hamburg: Technomic, 1993. Cap. 6.8 p. 237-239.
24. CAMPOS, C. F.; SOUZA, P. E. A.; COELHO, J. F.; GLÓRIA, M. B. A. Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation of flavor quality of green coconut water. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. 20, p. 487-500, 1996.

25. CAMPOS, D.C.P.; SANTOS, A.S.; WOLKOFF, D.B.; MATTA, V.M., CABRAL, L.M.C.; MODESTA, R.C.D.; COURI, S. Clarificación de jugo de anacardo (*Anacardium occidentale* L.) utilizando tratamiento enzimático y microfiltración. **Alimentaria**. n. 334, p. 121-124, 2002.
26. CARNEIRO, L.; SA, I. dos S.; GOMES, F. dos S.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C. Cold sterilization and clarification of pineapple juice by tangential microfiltration. **Desalination**, 148, p.93-98, 2002.
27. CARVALHO, L. M. J. de; SILVA, C. A. B. da; GAVA, J. R.; ABADIO, F. D. B. Commercial sterilization of fruit juices by ultrafiltration/microfiltration membranes. **Alimentaria**. p. 123-127, jun/2002.
28. CHAMCHONG, M.; NOOMHORM, A. Effect of pH and Enzymatic Treatment on Microfiltration and Ultrafiltration of Tangerine Juice. **Journal of Food Process Engineering**, v. 14, p. 21-34, 1991.
29. CHERYAN, M. **Ultrafiltration and Microfiltration Handbook**. Lancaster, 1998. Technomic Publishing Company, Inc. 527 p.
30. COMPÊNDIO DA LEGISLAÇÃO DE ALIMENTOS. Consolidação das Normas e Padrões de Alimentos. **Atos do Ministério da Saúde**, ABIA, Revisão n. 7, 1999.
31. CUPERUS, F. P.; NIJHUIS, H. H. Applications of membrane technology to food processing. **Trends in Food Science & Technology**. v. 4, sep, p. 277-282, 1993.

32. CURSINO, M.M.; SABAA SRUR, A.; LOURENÇO, M.; PEREIRA, W. Contribuição à industrialização da água de coco (*Cocos nucifera*) verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15, 1996, Poços de Caldas. **Anais...**Poços de Caldas: SBCTA, 1996.
33. DAUFIN, G.; MERIN, U.; LABBÉ, J. P.; QUÉMERAIS, A.; KERHERVÉ, F. L. Cleaning of inorganic membranes after whey and milk ultrafiltration. **Biotechnology and Bioengineering**. v. 38, p. 82-89, June, 1991.
34. DAVID, P.R.B.S.; FERNANDES, Z.F. Conservação de água de coco por refrigeração. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 16, n. 1, p. 1-12, jan/jun, 1998.
35. DRYER, J. M.; DEIBEL, K. E. Canned foods – tests for commercial sterility. In: VANDERZANT, C.; SPLITTSTOESSER, D. F. **Compendium of Methods for the Microbiological Examinations of Foods**. 3rd ed. Washington: American Public Health Association 1992. Chap. 60, p. 1037-1049.
36. DUARTE, A. C. P.; RODRIGUES, S. L. C.; COELHO, M. A. Z.; LEITE, S. G. F. Separação das enzimas peroxidase e tirosinase na água de coco por HPLC. In: Anais do III Simpósio Latino Americano de Ciências de Alimentos, Campinas, 1999. Livro de Resumos. p. 73.
37. DUXBURY, D. D. Apple, pear juice concentrates 100% Pure. **Food Processing**. USA. v. 53, n. 4, p. 78-80, 1992.
38. DZIEZAK, J. D. Membrane separation technology offers processors unlimited potencial. **Food Technology**. 44 (9): 108-13, 1990.

39. FAO, 2000. **La FAO consigue la primera patente para hacer del agua de coco una bebida energetica para los deportistas**. Comunicado de Imprensa 00/51. http://www.fao.org/WAICENT/OIS/PRESS_NE/PRESSSPA/2000/prsp0051.htm. 18 dez. 2004.
40. FARIA, J. A. F. **Estabilidade de Alimentos em Embalagens Plásticas**. Campinas, Unicamp/FEA, p. 23-40, Fevereiro, 1990.
41. FARIA, J. A. F. Vida-de-prateleira de alimentos processados assepticamente. In: **II Seminário Latino Americano – Avanços em Tecnologia Para o Processamento e Envasamento Asséptico**. Campinas, 1993. p. 7-28.
42. FARIA, J. A. F. Professor Doutor do Departamento de Tecnologia de Alimentos – Faculdade de Engenharia de Alimentos/Unicamp. **Comunicação pessoal**. Campinas, Nov. 2003.
43. FARIA, J. A. F. Professor do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp. **Extrator de água de coco**. Campinas: Unicamp, 2003.
44. FARIA, J. A. F. **Anotações de aula**. Campinas, Novembro, 2004.
45. GALEAZI, M. A. M.; SGARBIERI, V. C. Substrate specificity and inhibición of polyphenol oxidase (PPO) from a Dwarf variety of banana (*Musa cavendishii*, L). **Journal of Food Science**, v. 46, p. 1404-1406, 1981.
46. GEKAS, V.; BARALLA, G.; FLORES, V. Aplicaciones de la tecnología de membranas en la industria alimentaria. **Food Science and Technology International**. v. 4(5), p. 311-328, 1998.

47. GIRARD, B.; FUKUMOTO, L. R. Membrane Processing of Fruit Juices and Beverages: A Review. **Critical Reviews in Biotechnology**, 20 (2): 109-175, 2000.
48. GODDARD, M. R. The storage of thermally processed foods in containers other than cans. In: MAN, C. M. D.; JONES, A. A. **Shelf life evaluation of Foods**. London: Chapman & Hall, 1997. Chap. 13, p. 256-274.
49. GONZALEZ, O. N. Coconut-based beverages. **Journal of Food Processing and Preservation**, n. 20, p. 487-500, 1990.
50. GREGORY, J. F. Vitamins. In: FENNEMA, O. R. **Food Chemistry**, 3 ed. New York: Marcel Dekker, Inc., 1996. Chap. 8, p. 531-616.
51. HENSHALL, J. D. Ascorbic acid in fruit juices and beverages. IN: COUNSELL, J.N.; HORNING, D. H. **Vitamin C (Ascorbic Acid)**. London: Applied Science Publishers, 1981. Cap. 8, p. 123-137.
52. HOFFMANN, F. L.; COELHO, A. R.; MANSOR, A. P.; TAKAHASHI, C. M.; VINTURIM, T. M. **Qualidade Microbiológica de amostras de água de coco vendidas por ambulantes na cidade de São José do Rio Preto-SP**. Higiene Alimentar, v. 16, n. 97, p. 87-92, 2002.
53. HOLDSWORTH, S. D. **Aseptic processing and packaging of food products**. Elsevier Science Publisher Ltda. London, p. 335-375, 1992.
54. HORWITZ, W. **Official Methods of Association of Official Analytical Chemists**. Association of Official Analytical Chemists. 13th Ed, Washington D. C. p. 1044, 1989.

55. HUNTERLAB. **User's Manual** – version 3.1. Hunter Associates Laboratory, Inc., p. 17-18, 1996.
56. HWANG, S. T.; KAMMERMEYER, K. **Membranes in Separations**. New York: Wiley-Interscience, 1975. Apud: **Ultrafiltration and Microfiltracion Handbook**, Lancaster, p. 1, 1998.
57. JAYALEKSHMY, A.; ARUMAGHAN, C.; NARAYANAN, S.; MATHEW, A. G. Changes in the chemical composition of coconut water during maturation. **Journal of Food Science and Technology**. v. 23 (4), p. 203-207, 1986.
58. JOYCE, D. A. Microbiological aspects of aseptic processing and packaging. In: WILLHOFT, E. M. A. **Aseptic processing and packaging of particulates foods**. 1^a edition. London: Chapman & Hall, 1993. cap. 8, p. 160-164.
59. KIRK, D. E; MONTGOMERY, M. W.;KORTTRKAAS, M. G. Clarification of pear juice by hollow fiber ultrafiltration. **Journal of Food Science**. v. 48, p. 1663-1666, 1983.
60. KOSEOGLU, S. S.; RHEE, K. C.; LUSAS, E. W. Membrane processing of crude vegetables oils: laboratory scale membrane degumming, refining and bleaching. **Journal of American Oil Chemists' Society**. Champaign, p. 182-188, 1989.
61. LEBER, A. S. M. L. **Avaliação da estabilidade de água de coco (*Cocos nucifera*) em garrafas de polietileno tereftalato (PET) estocadas congelada e refrigerada**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 151p., 2001.

62. LEBER, A. S. M. L.; FARIA, J. A. F. **Alterações microbiológicas em água de coco (*Cocos nucifera* L) acondicionada em garrafas plásticas.** Higiene Alimentar, v. 18, n. 119, p. 55-58, 2004.
63. LEITE, C. C.; ASSIS, P. N. de; SILVA, M. D. da; SANT'ANNA, M. E. B.; SANTANA, L. R. R. de. **Avaliação microbiológica da água de coco produzida e comercializada na cidade de Salvador-BA.** Higiene Alimentar, v. 14, n. 70, p. 64-66, 2000.
64. LUVIELMO, M. de M.; VASCONCELOS, M. A. M. de; MARQUES, G. R.; SILVA, R. P. G.; DAMÁSIO, M. H. Influência do processamento nas características sensoriais da água de coco. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos.** Curitiba, vol 22, n. 2, jul/dez 2004.
65. KANG, Y. J.; FRANK, J. F. Evaluation of air samplers for recovery of artificially generated aerosols of pure cultures in a controlled environment. **Journal of Food Protection**, Ames, v. 52, n. 8, p. 560-563, ago. 1989.
66. KENNEDY, J. F.; RIVERA, Z. S.; LLOYD, L. L.; WARNER, F. P.; JUMEL, K. L- ascorbic acid stability in aseptically processed orange juice in Tetra Brik cartons and the effect of oxygen. **Food Chemistry**, v. 45, p. 327-331, 1992.
67. KHAN, A. A. e ROBINSON, D. S. The Thermostability of Purified Mango Isoperoxidases. **Food Chemistry**, Oxford, v. 47, p. 53-59, 1993.
68. KLAUS, J. S. Soluções para o projeto de salas limpas na indústria de alimentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Controle de Contaminação (SBCC)**, São José dos Campos, n. 8, p. 14-16, mai/jun, 2002.

69. MACIEL, M. I.; OLIVEIRA, S. L.; SILVA, I. P. Effects of different storage conditions on preservation of coconut (*Cocos nucifera*) water. **Journal of Food Process and Preservation**, n. 16, p. 13-22, 1992.
70. MAGALHÃES, M. P.; GOMES, F. dos S.; MODESTA, R. C. D.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C. Conservação de água de coco verde por filtração com membrana. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, n. 1, Campinas, jan/mar, 2005.
71. MAN, C. M. D.; JONES, A. A. **Shelf life evaluation of Foods**. London: Chapman & Hall, 1997.
72. MANNHEIM, C. H. & HAVKIN, M. Shelf-life of aseptically bottle orange juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 5, n. 1, p. 1-6, mar.1981.
73. MARTIN, J. J.; SOLANES, E.;BOTA, E.; SANCHO, J. Evolution química y organoléptica del zumo de naranja pasteurizado. **Alimentaria**. Madrid, p. 59-63, abr.1995.
74. MATTA, V. M. da. **Estudo da utilização dos processos de separação por membranas para obtenção de suco de acerola clarificado e concentrado**. Campinas, 1999. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
75. MATTA, V. M. da; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 2, Campinas, 2004.

76. MAYER A. M.; HAREL, E. Phenoloxidasas and their significance in fruit and vegetables. IN: FOX, P. F. **Food Enzymology**. New York: Elsevier Applied Science, 1991. v. 1, Chap 9, p. 373-398.
77. MEDINA, J. C.; GARCIA, J. L. M.; MARTIN, Z. J.; KATO, K.; TERUO, P.; TURATTI, J. M.; SANTOS, L. C.; SILVA, M. T. C.; CANTO, W. L.; NETO, L. de C. B.; MORETTI, V. A. **Coco: da cultura ao processamento e comercialização**. Série Frutas Tropicais. Campinas. ITAL, 285p., 1980.
78. MENDONÇA, S. C.; GUERRA, N. B. Métodos físicos e químicos empregados no controle do escurecimento enzimático de vegetais. **Bol. SBCTA**, v. 37, n. 2, p. 113-118, 2003.
79. MOLDER, W. H. Milk Processing. In: SHURYO, N.; MOLDER, W. H. **Food Protein Processing Applications**, Wiley – VCH, Inc, United States of America, p. 1-88, cap. 1, 2000.
80. MULDER, M. **Basic Principles of Membrane Technology**. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1991.
81. NAGY, S.; RANDALL, V. Use of furfural as an index of storage temperature abuse in commercially processed orange juice. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 21, p. 272 - 280, 1973.
82. NIELSEN, S.S.; MARCY, J. E.; SADLER, G. D. Chemistry of aseptically processed foods. In: Chambers, J. V.; Nelson, P. E (Eds.). **Principles of aseptic processing and packaging**. Chap. 5. Washington: The Food Processors Institute., 1993. 257p.

83. OLIVA, P. B. **Estudo de armazenamento da acerola in natura e estabilidade do néctar de acerola**. Campinas, 1995. 103p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos/Unicamp.
84. OSTERGAARD, B. **Applications of membrane processing in the dairy industry**. Diarmuid MacCarthy. In: Concentration and Drying of Foods, Elsevier Applied Science Publishers, England, 1989, p. 133-145.
85. PAULSON, D. J.; WILSON, R. L.; SPATZ, D. D. Crossflow membrane technology and its applications. **Food Technology**, Chicago, v. 12, p. 77-87, 1984.
86. PETRUS, J. C. C. **Preparação, modificação e caracterização de membranas assimétricas para clarificação de sucos de frutas**. Campinas, 1997. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
87. PETRUS, R. R. **Desenvolvimento de processo e avaliação de estabilidade de bebida isotônica acondicionada em garrafa plástica asséptica**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 122p., 2000.
88. PETRUS, R. R. **Adaptação e avaliação de desempenho de sistema asséptico para leite fluido em garrafa plástica**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Doutorado, 219p., 2004.
89. PETRUS, R. R.; FARIA, J. A. F. A importância da aplicação da tecnologia de salas limpas na indústria de alimentos. **Boletim SBCTA**. Campinas, vol 37, nº1, jan/jun 2003.

90. PORTER, M. C. Ultrafiltration. In: PORTER, M. C. (Ed.) **Handbook of industrial membrane technology**. New Jersey: Noyes Publications, 1990.
91. PRATI, P.; MORETTI, R. H.; CARDELLO, H. M. A. B.; GÂNDARA, A. L. N. Estudo de vida de prateleira de bebida elaborada pela mistura de garapa parcialmente clarificada estabilizada e suco natural de maracujá. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**. Curitiba, vol. 22, n. 2, jul/dez 2004.
92. PRÉSTAMO, G.; MANZANO, P. Peroxidases of selected fruits and vegetables and the possible use of ascorbic acid as an antioxidant. **HortScience**, v. 28, n. 1, p. 48-50, 1993.
93. RANIERI, M. Água de coco: um mercado em crescimento. **Engarrafador Moderno**, n. 74, abr., p. 24-28, 2000.
94. RAY, K.; RAYCHOWDHURY, U.; CHAKRABORTY, R. Physico-chemical Characteristics Lemon Juice Clarified through Ultrafiltration Membrane. **Journal of Food Science and Technology**. v. 40, n. 2, p. 194-196, 2003.
95. RENNER, E.; SALAM, M. H. A. Basic principles. In: RENNER, E.; SALAM, M. H. A., ed. **Application of ultrafiltration in the industry**. London, Elsevier Science. Cap. 2, p. 7-29, 1991.
96. REUTER, H. Evaluation criteria for aseptic filling and packaging systems. In: REUTER, H. **Asseptic Processing of Foods**. Hamburg: Technomic, 1988. Cap. 4, p. 95.

97. REUTER, H. Processes for packaging materials sterilization and system requirements. In: REUTER, H. **Asseptic Processing of Foods**. Hamburg: Technomic, 1993. Cap. 5, p. 155-165.
98. RIBEIRO, A. P. B. **Recuperação de solvente em misturas óleo de soja/hexano utilizando tecnologia de membranas**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 180p., 2005.
99. ROBERTSON, G. L. Packaging Materials for aseptic food. **Food Technology in New Zealand**, v. 18, n. 2, p. 21-27, Feb., 1983.
100. RODRIGUES, R.B. **Aplicação dos processos de separação por membrana para a produção de suco clarificado e concentrado de camu camu (*Myrciaria dubia*)**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Doutorado, 146p., 2002.
101. RODRIGUES, Simone Loureiro Campos; MOREIRA, Rebeca Leite de Souza; CARDOSO, MERÇON, Marisa Helena; Fábio. Avaliação de parâmetros de ultrafiltração de suco de banana. **Ciência e Tecnologia Alimentos**. v. 23, Campinas, 2003.
102. ROLAND, N. Aseptic packing system for PET bottles. **Fruit processing**. v. 6, n. 9, p. 367-371, 1996.
103. SACHS, B. Glass for aseptic packaging. In: **Aseptic Processing of Foods**. Hamburg: Technomic, 1993. Chap. 7.3, p. 293-294.
104. SATO, H. H. Professora Doutora do Departamento de Ciência dos Alimentos – Faculdade de Engenharia de Alimentos/Unicamp. **Comunicação pessoal**. Campinas, Jan/Fev. 2004.

105. SATTAR, A.; DEMAN, J. M. e ALEXANDRE, J. C. Effect of Wavelength on Light Induced Quality Deterioration of Edible Oils and Fats. J. Inst. Can. Food Science Technology, v. 9, n. 3, p. 108-113, 1975.
106. SCHMIDT, F. L.; CASTRO, M. F. P. P de. **Boas Práticas de Fabricação e Aplicação da Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle no Processamento de Água de Coco.** Higiene Alimentar, v. 18, n. 121, p. 65-76, 2004.
107. SCOTT, K. **Handbook of industrial membranes.** 1 ed. Langford Lane: Elsevier, 1995.
108. SILVA, A. A. M. da. **Estudo da estabilidade do leite de coco concentrado.** Tese Apresentada à Faculdade de Tecnologia de Alimentos, da Unicamp. FEA. Campinas. p. 4-11, 1972.
109. SILVA, E. **Estudo da atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças 'in natura' e processadas.** Tese de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 108 p, 1981.
110. SILVA, K. S. da. **Avaliação de processo de industrialização de caldo de cana de açúcar (*Sacharum spp*) por enchimento a quente e sistema asséptico.** Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 111p., 2004.
111. SILVA, N. JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos.** Livraria Varela, São Paulo, cap. 9 e 10, p. 73-91, 2002.

112. SILVA, T. T.; MODESTA, R. C. D.; PENHA, E. das M.; MATTA, V. M. da; CABRAL, L. M. C. Suco de maracujá orgânico processado por microfiltração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 40, n. 4, Brasília, 2005.
113. SIMS, C. A.; BATES, R. P.; ARREOLA, A. G. Color, polyphenoloxidase and sensory changes in banana juice as affected by heat and ultrafiltration. **Journal of Food Quality**, v. 17, p. 371-379, 1994.
114. SNAPE, J. B. NAKAGIMA, M. Processing of agricultural fats and oils using membrane technology. **Journal of Food Engineering**. Essex, v. 30, p. 1-41, 1996.
115. SREBERNISH, S. M. **Caracterização física e química da água de coco, variedades gigante e híbrido PB-121, visando o desenvolvimento de uma bebida com características próximas às da água de coco**. Tese Apresentada à Faculdade de Tecnologia de Alimentos, da Unicamp. FEA. Campinas. 189p., 1998.
116. STONE H.; SIDEL, J. L. **Sensory Evaluation practices**. Orlando, FL: Academic Press, 287p., 1985
117. STRATHMANN, H. Synthetic membranes and their preparation. In: PORTER, M. C. (Ed.) **Handbook of industrial membrane technology**. New Jersey: Noyes Publications, 1990.
118. TANADA, P. S. **Obtenção de extrato de banana (*musa cavendishi*) isento de polifenoloxidase por ultrafiltração e concentrado por osmose inversa**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 101p., 1996.

119. The SAS system. **Statistical Analysis System**, versão 8e. The SAS Institute, Cary, N.C.
120. TOCCHINI, R. **Água de coco**. Apostila de curso de Tecnologia de Bebidas. Frutotec. ITAL. Campinas, set. 1998.
121. TODISCO, L.P.; PEÑA, L.; DRIOLI, E., TALLARICO, P. Analysis of the fouling mechanism in microfiltration of orange juice. **Journal of Food Process and Preservation**, n. 20, p. 453-466, 1996.
122. TROLLER, J. A. **Sanitation in food processing**. 2^a ed. London: Ed. Academic Press. 1993. 478p.
123. VAILLANT, F.; MILLÁN, P.; O'BRIEN, G.; DORNIERI, M.; DECLOUX, M.; REYNES, M. Crossflow microfiltration of passion fruit juice after parcial enzymatic liquefaction. **Journal of Food Engineering**, n. 42, p. 215-224, 1999.
124. VAL, A. J. **Coco: o falso baiano**. Globo Rural 6, p. 49-54, 1992.
125. VÁMOS-VIGYÁZÓ, L. Polyphenoloxidase and peroxidase in fruits and vegetables. **CRC Critic. Rev. Food Sci. Nutr.**, v. 15, p. 49-127, 1981.
126. VITALI, A. de A.; NETO, T. R. O.; JARDIM, D. C. P.; QUAST, G. D.; PADULA, M. e MORI, E. E. M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. Manual Técnico, n. 6. 2^a edição. ITAL. Campinas, 1996.

127. VLADISAVLJEVI, G. T.; VUKOSAVLJEVI, P.; BUKVI, B. Flux and fouling resistance in ultrafiltration of depectinized apple juice using ceramic membranes. **Journal of Food Engineering**, 2003.
128. VON BOCKELMANN, B. **Long life products**: long life from raw materials to finished products. Värnamo: Tetra Pak, 1988. 68p.
129. WOLKOFF, D. B. **Estudo da estabilidade de repositor hidroeletrólítico formulado à base de sucos clarificados de acerola e caju**. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Doutorado, 183p., 2004.
130. WOSIACKI, G.; DEMIATE, J. M.; MELLO, F. Nata de coco – O Estado da arte. **Boletim da Sociedade Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 2, p. 142-155, 1996.
131. WU, L. M.; ZALL, R. R.; TZENG, W. C. Microfiltration and ultrafiltration comparison for apple juice clarification. **Journal of Food Science**. v. 55, n. 4, p. 1162-1163, 1990.

8 - ANEXOS

Anexo 1– Contagem de partículas totais e viáveis na sala limpa.

Tabela 29 - Contagem de partículas totais em suspensão na sala limpa.

Ambiente monitorado	Estado ocupacional	Contagem de partículas (/m ³)		Padrão ISO 14644-1 (partículas/m ³)	
		≥ 0,5µm	≥ 5,0µm	≥ 0,5µm	≥ 5,0µm
Sala de envase (ISO classe 7)	como construída	5371	106	352000	2930
	em repouso	5018	0		
	em operação	81237	1131		

Adaptado de Petrus e Faria (2003).

Tabela 30 - Contagem de microrganismos em suspensão na sala limpa.

Ambiente monitorado	Estado ocupacional	Contagem de microrganismos (UFC/m ³)		Padrão NASA (UFC/m ³)
		Global	Bolores e leveduras	
Sala de envase (ISO classe 7)	como construída	1,2	0	17,7
	em repouso	0,4	0	
	em operação	15,2	2,4	

Adaptado de Petrus e Faria (2003).

Anexo 2 – Ficha utilizada na avaliação sensorial de água de coco.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE ÁGUA DE COCO

Nome: _____ Data: ____ / ____ / ____

Por favor, avalie a amostra codificada de água de coco e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou em relação aos atributos apresentados.

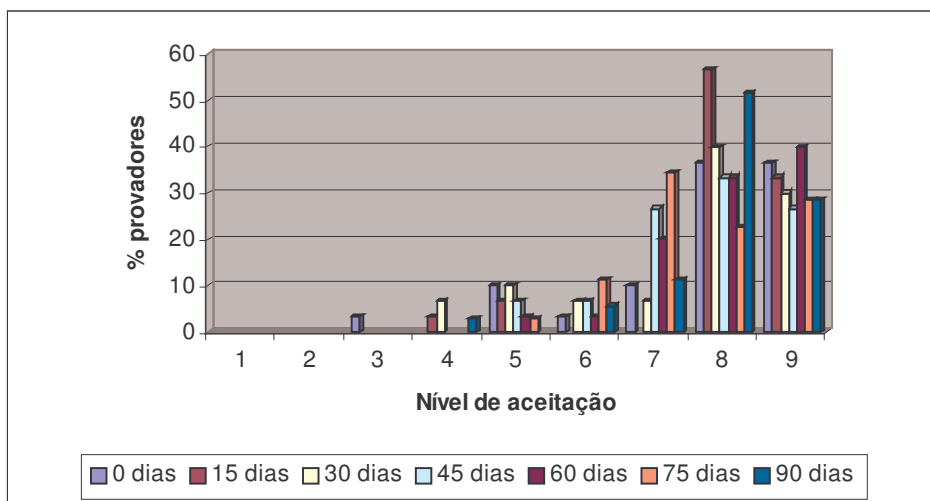
9 - gostei muitíssimo	Amostra: _____	
8 - gostei muito		
7 - gostei moderadamente	Aparência	Valor: _____
6 - gostei ligeiramente	Aroma	Valor: _____
5 - nem gostei/nem desgostei	Sabor	Valor: _____
4 - desgostei ligeiramente	Impressão global	Valor: _____
3 - desgostei moderadamente		
2 - desgostei muito		
1 - desgostei muitíssimo		

Comentários: _____

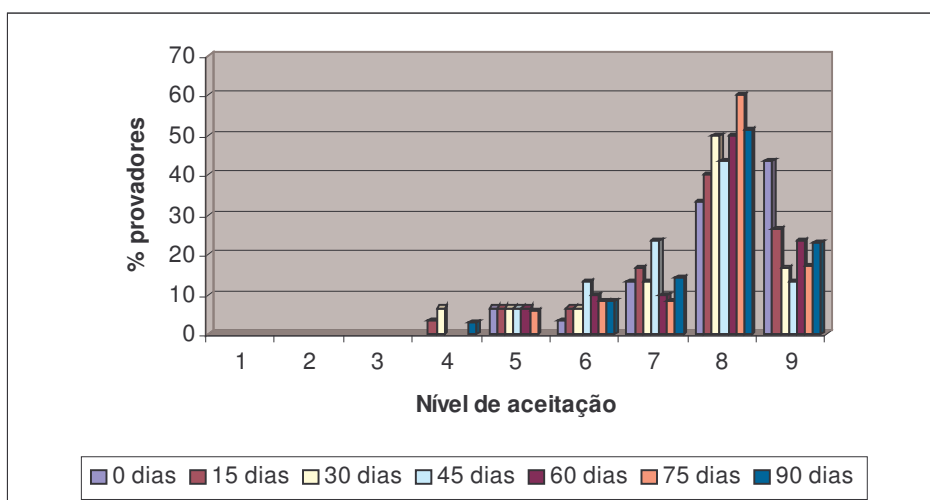
Se encontrasse este produto no mercado:

- () 1 - certamente não compraria
- () 2 - provavelmente não compraria
- () 3 - talvez compraria/talvez não compraria
- () 4 - provavelmente compraria
- () 5 - certamente compraria

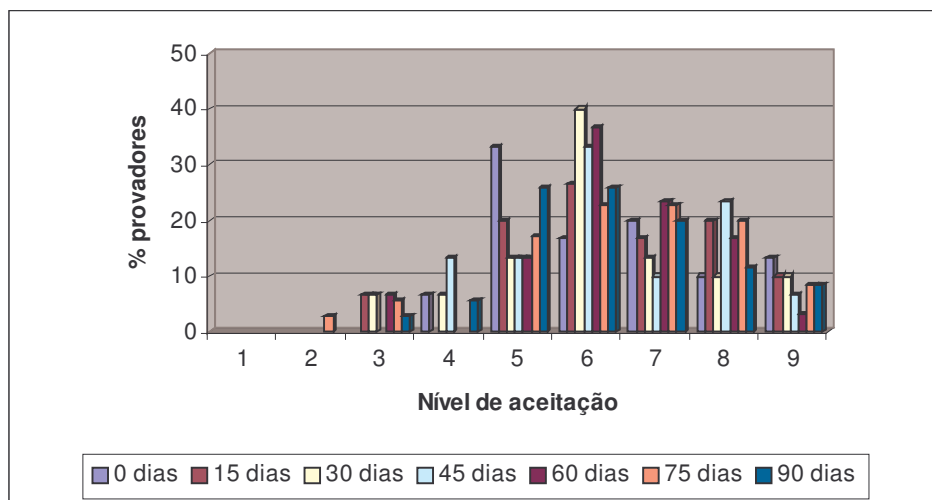
Anexo 3 – Histogramas de frequência de notas dos testes de aceitação da água de coco.



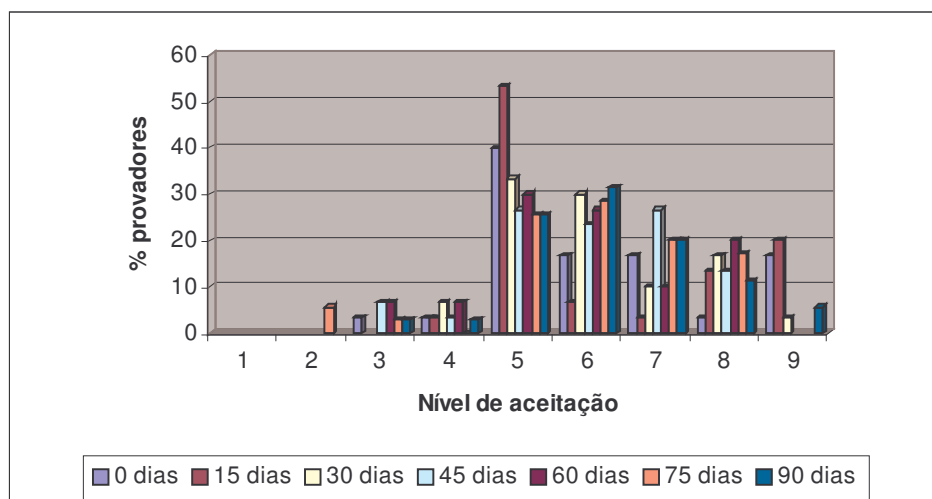
Histograma de frequência de notas para aparência no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo D.



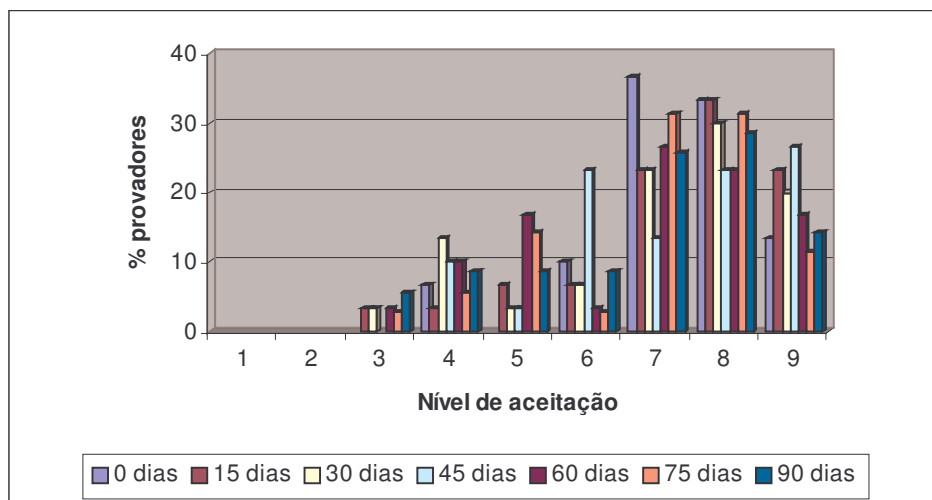
Histograma de frequência de notas para aparência no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo E.



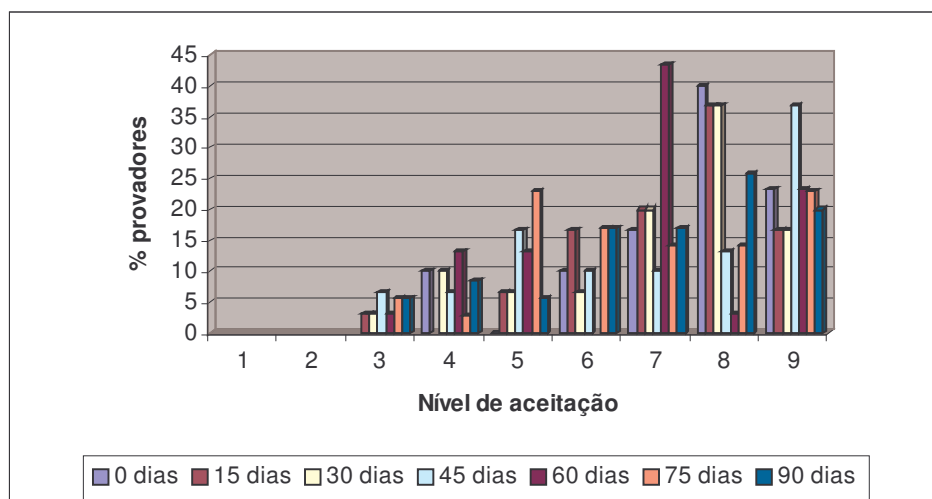
Histograma de frequência de notas para aroma no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo D.



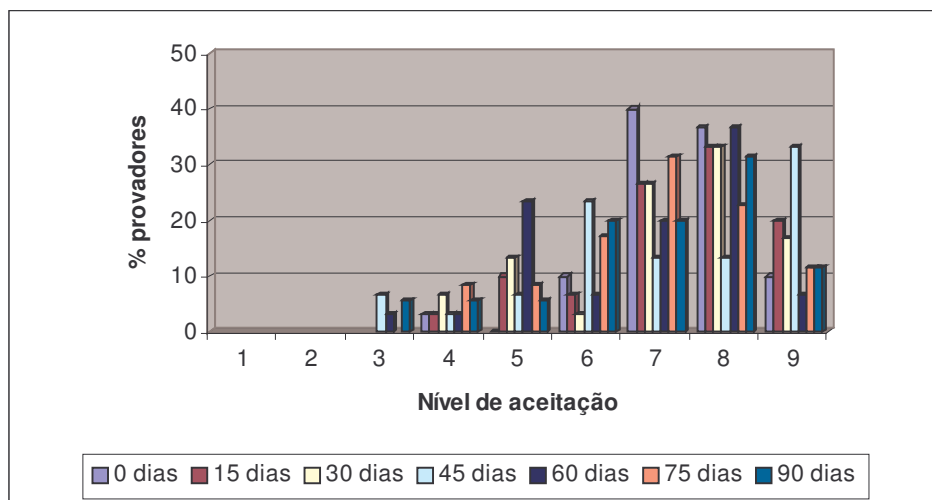
Histograma de frequência de notas para aroma no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo E.



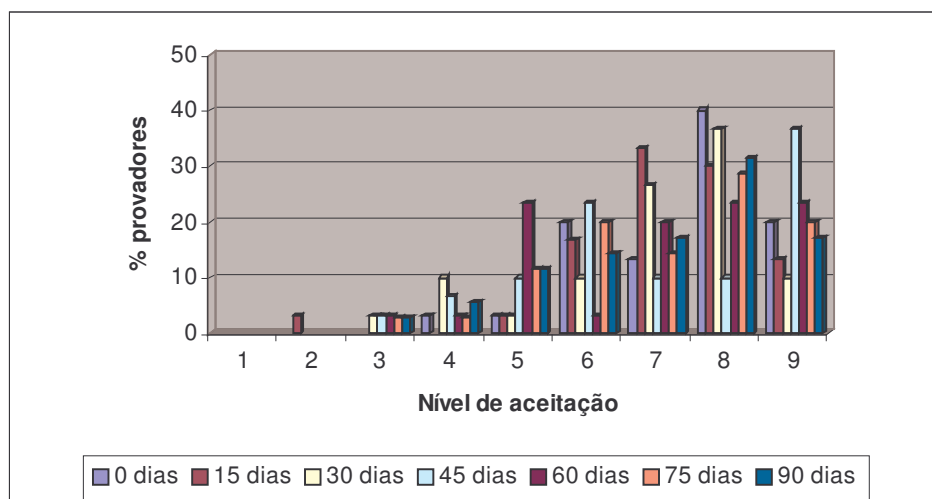
Histograma de frequência de notas para sabor no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo D.



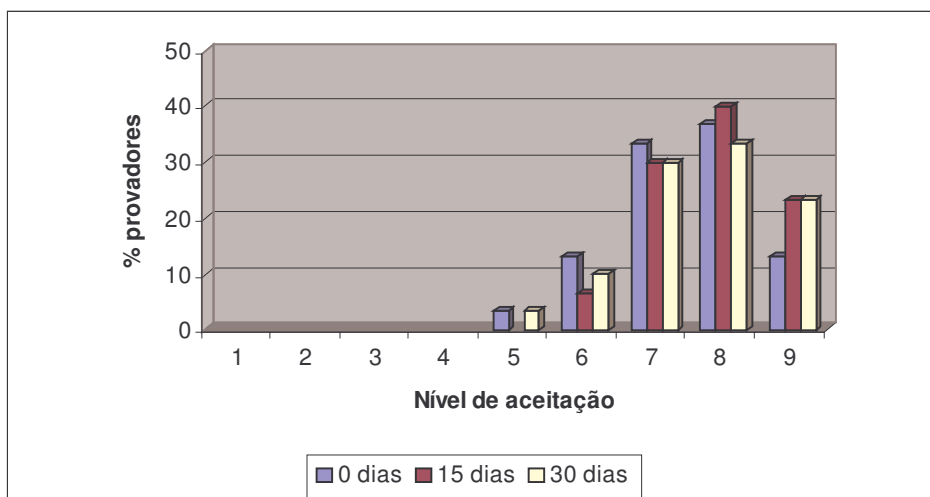
Histograma de frequência de notas para sabor no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo E.



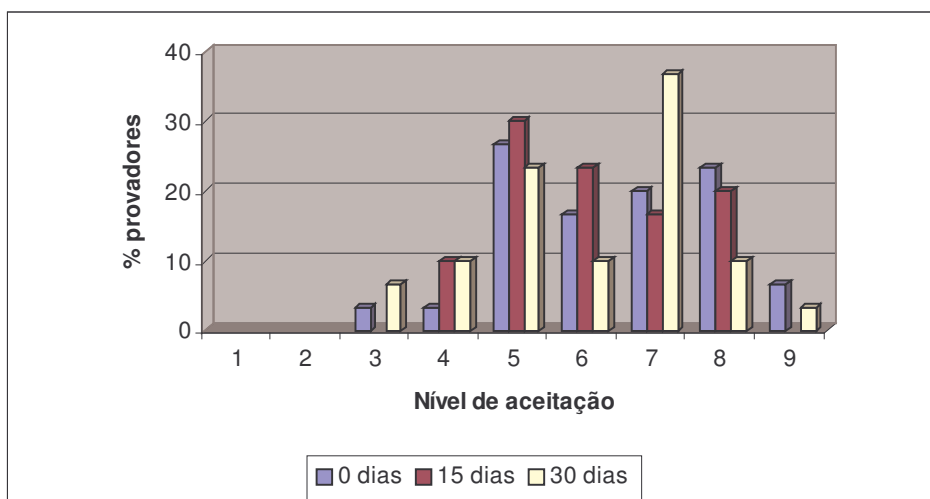
Histograma de frequência de notas para impressão global no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo D.



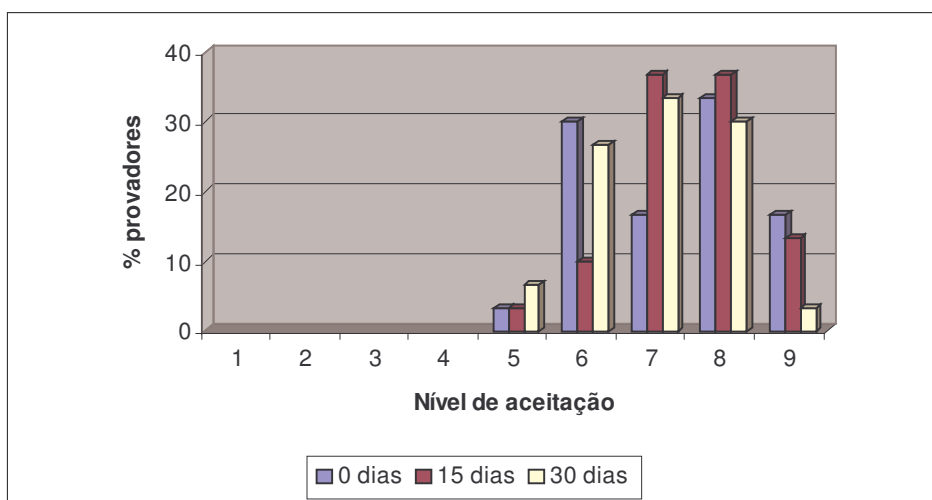
Histograma de frequência de notas para impressão global no teste de aceitação da água de coco refrigerada durante o tempo de estocagem do processo E.



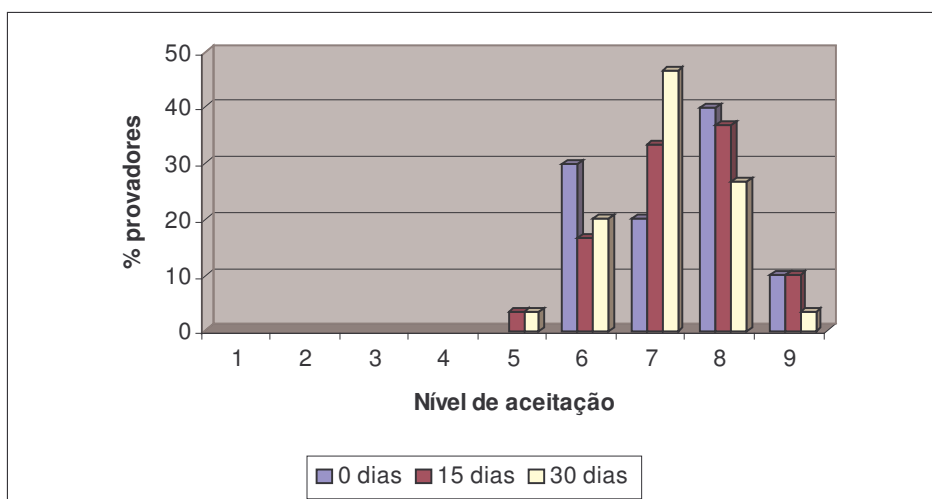
Histograma de frequência de notas para aparência no teste de aceitação da água de coco armazenada a temperatura ambiente durante o tempo de estocagem.



Histograma de frequência de notas para aroma no teste de aceitação da água de coco armazenada a temperatura ambiente durante o tempo de estocagem.

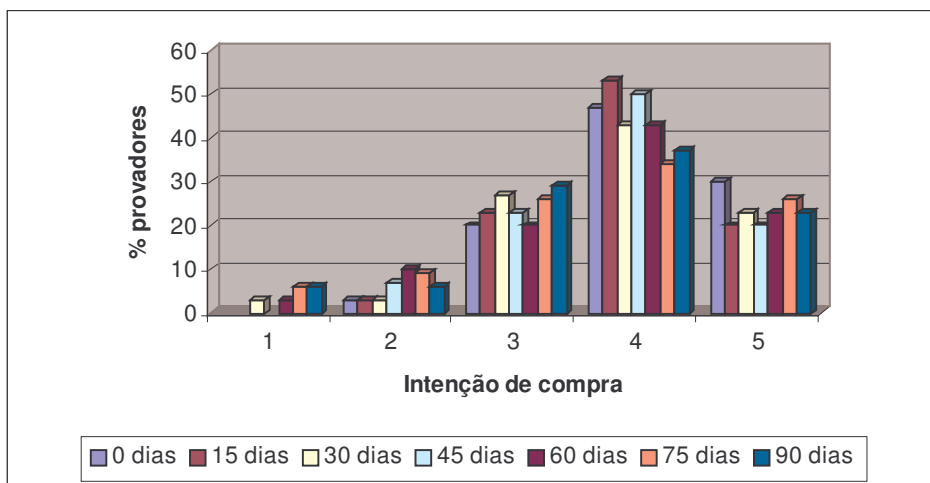


Histograma de frequência de notas para sabor no teste de aceitação da água de coco armazenada a temperatura ambiente durante o tempo de estocagem.

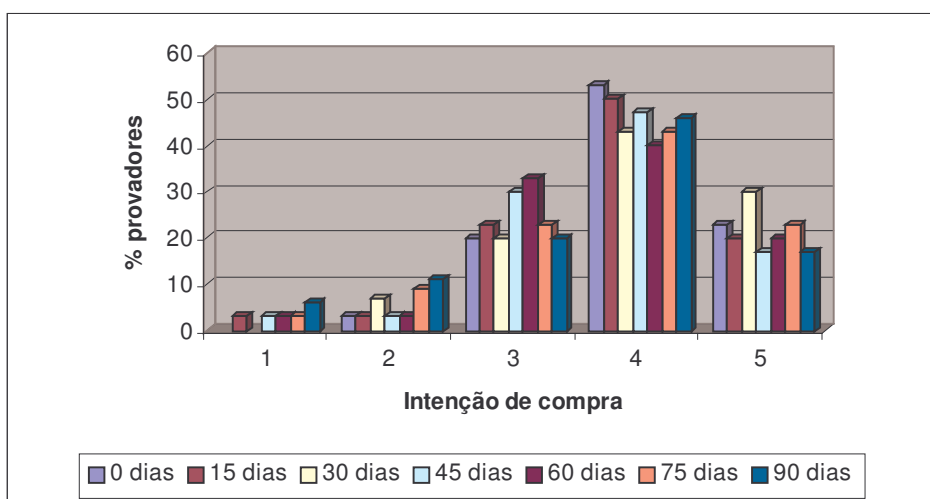


Histograma de frequência de notas para impressão global no teste de aceitação da água de coco armazenada a temperatura ambiente durante o tempo de estocagem.

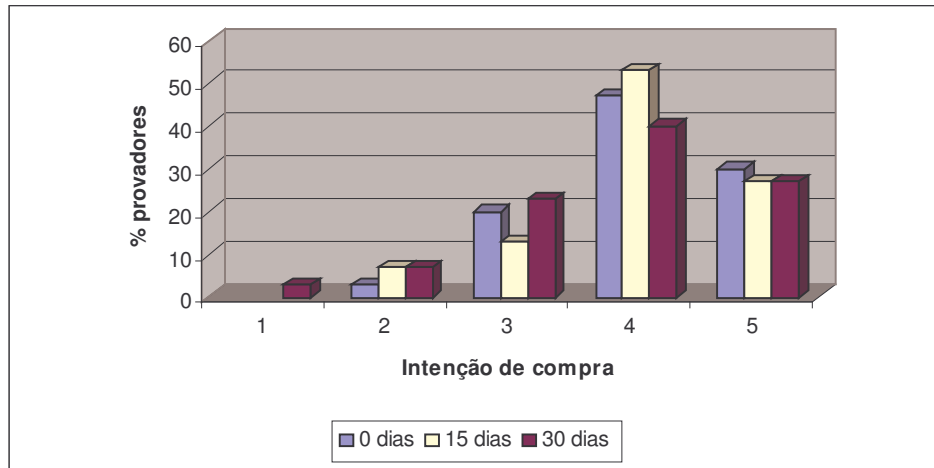
Anexo 4 - Histogramas de intenção de compra dos provadores na avaliação sensorial da água de coco.



Histograma de intenção de compra da água de coco estocada sob refrigeração do processo D.



Histograma de intenção de compra da água de coco estocada sob refrigeração do processo E.



Histograma de intenção de compra da água de coco estocada a temperatura ambiente.