

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

**OBTENÇÃO DE EXTRATO DE BANANA (*MUSA CAVENDISHII*) ISENTO DE
POLIFENOL OXIDASE POR ULTRAFILTRAÇÃO E CONCENTRADO POR OSMOSE**

PARECER

INVERSA

Este exemplar corresponde à redação final da tese defendida por PATRICIA SAYURI TANADA e aprovada pela Comissão Julgadora em 07.10.96.

Campinas, 07 de outubro de 1996

~~Prof. Dr. JOSÉ GILBERTO JARDINE~~
~~Presidente da Banca~~

PATRÍCIA SAYURI TANADA
Engenheira de Alimentos

Dr. JOSÉ GILBERTO JARDINE
Orientador

Dissertação Apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas para a Obtenção do Título de MESTRE em Tecnologia de Alimentos

Campinas / SP
Outubro/96

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

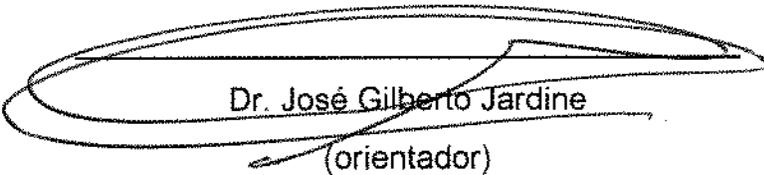
UNIDADE	BC
N.º CHAMADA:	4/0015-00-9
	T1530
V.	E
TOMPO BC	28988
PROC.	667/96
C	<input type="checkbox"/>
D	<input checked="" type="checkbox"/>
PREÇO	2811,00
DATA	02/11/96
N.º CPD	

27-00179377-3

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

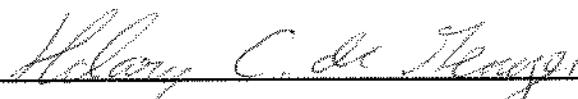
T1530	<p>Tanada, Patrícia Sayuri</p> <p>Obtenção de extrato de banana (<i>musa cavendishii</i>) isento de polifenol oxidase por ultrafiltração e concentrado por osmose inversa / Patrícia Sayuri Tanada. -- Campinas, SP : [s.n], 1996.</p> <p>Orientador : José Gilberto Jardine. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos.</p> <p>I. Banana. 2. Osmose. 3. Ultrafiltração. I. Jardine, José Gilberto. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.</p>
-------	--

Banca Examinadora



Dr. José Gilberto Jardine

(orientador)



Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes

(membro)



Prof. Dr. Salvador Massaguer Roig

(membro)

Prof. Dra. Gláucia Maria Pastore

(membro)

Campinas, 7 de outubro de 1996.

“Quando cremos, podemos voar;

quando temos esperança, podemos encontrar flores por toda parte;

quando amamos, percebemos o céu mais perto de nós”

(Carlos Carreto)

Ofereço à Deus,
aos meu pais e meu irmão,
e ao Vesa,
com muito amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. José Gilberto Jardine pela orientação tão atenciosa e prestativa e pela amizade.

À pesquisadora Virgínia Martins da Matta pela co-orientação, amizade e pela realização de toda parte experimental da tese na Embrapa - CTAA, Rio de Janeiro.

Aos meus pais, Jorge e Alzira Tanada, pela amizade e compreensão e pelo financiamento do trabalho no Rio de Janeiro.

À pesquisadora Dra. Hilda da Rosa Rodrigues pela realização da parte experimental da tese no CTAA e por proporcionar todos os recursos que foram necessários.

Ao Sr. Imar Oliveira de Araújo do Senai, Vassouras- RJ, pelo uso da centrífuga e aos técnicos Marcelo da Silva Gomes e Rodrigo Fernandes Caldeira, que ajudaram no processamento.

Ao assistente de pesquisa Sérgio Macedo Pontes (Filé) pela grande ajuda em todo o processamento na planta-piloto do CTAA e pela amizade.

Ao pesquisador Alan Paula pela ajuda na centrífuga da planta da padaria do CTAA, pelas idéias sugeridas e pela amizade

Ao Luiz Fernando, Selma, Fernando e Cláudio pela colaboração nos processamentos realizados no CTAA e pela amizade.

Ao Fernando Teixeira Silva do CTAA pelo processamento realizado no Senai e pelos conselhos e amizade.

À pesquisadora Dra. Regina Célia Della Modesta e à assistente de pesquisa Clara Villacis pela análise sensorial realizada na ACQA do CTAA.

À pesquisadora Dra. Tânia Barreto Simões Correia do CTAA pelas análises químicas.

À Carmen e ao Ivan pela grande amizade, que foi muito importante para o desenvolvimento do trabalho no CTAA.

Ao Vesa pela ajuda na parte de computação e pela amizade.

À Ana do Laboratório de Frutas, Hortaliças e Açucarados da Unicamp.

Ao Conselho Nacional de Pesquisas Técnicas (CNPq) pelo suporte financeiro recebido.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. MATÉRIA-PRIMA: BANANA NO PROCESSAMENTO DE SUCO.....	4
2.2. ENZIMAS.....	5
2.2.1. Polifenol oxidase	5
2.2.2. Pectinase.....	15
2.3. PROCESSOS DE INDUSTRIALIZAÇÃO DA BANANA.....	20
2.3.1. Suco de banana.....	20
2.3.2. Licor de banana.....	23
2.4. PRODUÇÃO DE LICOR.....	25
2.5. USOS DA ULTRAFILTRAÇÃO E DA OSMOSE INVERSA NA PRODUÇÃO DE SUCOS	25
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	45
3.1. MATÉRIA-PRIMA.....	45
3.2. SOLUÇÃO DE INIBIÇÃO DA POLIFENOL OXIDASE	46
3.3. PROCESSAMENTO-TESTE.....	48
3.4. PRODUÇÃO DE SUCO DE BANANA CLARIFICADO E CONCENTRADO ISENTO DE POLIFENOL OXIDASE	48
3.5. ULTRAFILTRAÇÃO	51
3.6. OSMOSE INVERSA	52
3.7. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	53
3.8. PRODUÇÃO DE LICOR DE BANANA A PARTIR DO SUCO DE BANANA CONCENTRADO POR OSMOSE INVERSA.....	54
3.8.1. Licor de banana com 28 ^o GL	54
3.8.2. Licor de banana com 19 ^o GL	55
3.9. ANÁLISE SENSORIAL DO LICOR DE BANANA	56

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
4.1. SOLUÇÃO DE INIBIÇÃO DA POLIFENOL OXIDASE	58
4.2. PROCESSAMENTO-TESTE.....	59
4.3. PRODUÇÃO DE SUCO CLARIFICADO E CONCENTRADO DE BANANA ISENTA DE POLIFENOL OXIDASE	60
4.4. ULTRAFILTRAÇÃO	62
4.5 OSMOSE INVERSA	66
4.6. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	75
4.7. PRODUÇÃO DE LICOR DE BANANA	76
4.8. ANÁLISE SENSORIAL DO LICOR DE BANANA	77
5. CONCLUSÕES.....	83
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
7. ANEXOS.....	96

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1. - Graus de maturação da banana de acordo com a United Brands Company.....	45
TABELA 4.1. - Concentrações das soluções de ácido ascórbico e metabissulfito de sódio para inibição da polifenol oxidase e análise do escurecimento provocado por esta.....	58
TABELA A.1. - Médias entre 3 processamentos de ultrafiltração à pressão transmembrana de 6 bar (UF 1)	96
TABELA A.2. - Médias entre 3 processamentos de ultrafiltração à pressão transmembrana de 8 bar(UF2)	96
TABELA B.1. - Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 40 bar do suco ultrafiltrado à 6 bar (OI 1 - UF 1)	97
TABELA B.2. -- Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 60 bar do suco ultrafiltrado à 6 bar (OI 2 - UF 1)	97
TABELA B.3. - Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 40 bar do suco ultrafiltrado à 8 bar (OI 1 - UF 2)	98
TABELA B.4. - Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 60 bar do suco ultrafiltrado à 8 bar (OI 2 - UF 2)	98
TABELA D.1. – Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao gostar (em %)	100
TABELA D.2. - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao aroma de banana (em %)	100
TABELA D.3. - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao teor alcoólico (em %).....	100
TABELA D.4 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação à doçura (em %)	101
TABELA D.5 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao que mais gostou no licor (em %)	101
TABELA D.6 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao que mais desgostou no licor (em %).....	101

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1. - Fluxograma convencional de elaboração de licor de banana.....	24
FIGURA 3.1. - Fluxograma do preparo suco de banana para análise das concentrações de solução para inibição da polifenol oxidase.....	47
FIGURA 3.2 - Fluxograma completo da produção de suco concentrado de banana	49
FIGURA 4.1 - Fluxograma quantitativo da produção de suco concentrado de banana ...	61
FIGURA 4.2. - Gráfico de Fluxo de permeado X Tempo de processo para os processo UF 1 e UF 2.....	65
FIGURA 4.3. Gráfico de Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para os processos UF 1 e UF 2.....	65
FIGURA 4.4. - Gráfico de Fluxo de permeado X Fator de concentração (Fc) para os processos UF 1 e UF 2.....	66
FIGURA 4.5. - Gráfico de Brix do retentado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1	69
FIGURA 4.6. - Gráfico de Brix do retentado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2	69
FIGURA 4.7. - Gráfico de Fluxo de permeado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1	70
FIGURA 4.8 - Gráfico de Fluxo de permeado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2	70
FIGURA 4.9 - Gráfico de Fluxo de permeado X Brix de retentado para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1	71
FIGURA 4.10 - Gráfico de Fluxo de permeado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2	71
FIGURA 4.11 - Gráfico de Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1.....	72
FIGURA 4.12 - Gráfico de Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2.....	72

FIGURA 4.13 - Gráfico de Brix do retentado X Tempo de processo para todos os processos de OI.....	73
FIGURA 4.14 - Gráfico de Fluxo de permeado X Tempo de processo para todos os processos de OI.....	73
FIGURA 4.15 - Gráfico de Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para todos os processos de OI.....	74
FIGURA 4.16 - Gráfico de Fluxo de permeado X Brix de retentado para todos os processos de OI.....	74
FIGURA 4.17 - Gráfico de avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao gostar....	80
FIGURA 4.18 - Gráfico de avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao aroma....	80
FIGURA 4.19 - Gráfico de avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao teor alcoólico.....	81
FIGURA 4.20 - Gráfico de avaliação da aceitabilidade do licor com relação à doçura.....	81
FIGURA 4.21 - Gráfico de avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao que mais gostaram.....	82
FIGURA 4.22 - Gráfico de avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao que mais desgostaram.....	82
FIGURA C.1. - Ficha de avaliação da aceitabilidade de licor de banana	99

TANADA, PATRÍCIA SAYURI. OBTENÇÃO DE EXTRATO DE BANANA (*MUSA CAVENDISHII*) ISENTO DE POLIFENOL OXIDASE POR ULTRAFILTRAÇÃO E CONCENTRADO POR OSMOSE INVERSA. CAMPINAS: DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 1996. 101P. (DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi a obtenção de extrato de banana isento de polifenol oxidase por ultrafiltração e concentração por osmose inversa. Foi realizado o processamento de extração de suco de banana, com inibição prévia da enzima polifenol oxidase com solução de 0,15% de metabissulfito de sódio e 1% de ácido ascórbico para evitar o escurecimento inicial. Posteriormente esta enzima ficou retida na etapa de ultrafiltração. Os processos de ultrafiltração foram realizados com membranas de polissulfona com peso molecular de corte de 20.000 daltons à duas pressões transmembranas, 6 e 8 bar. O processo à 6 bar foi melhor por apresentar fluxo de permeado mais estável e menor diminuição deste com o tempo e concentração. Para a osmose inversa foram utilizadas membranas de filme composto (HR 95) e foram realizados quatro processos, dois à pressão transmembrana de 40 bar, um do suco ultrafiltrado à 6 bar e outro à 8 bar, e dois processos à 60 bar, dos mesmos sucos ultrafiltrados. Os processos à 60 bar foram superiores, dentre eles o do suco ultrafiltrado à 6 bar devido ao maior fluxo de permeado (27,8 L/h.m²) e concentração do suco (31^o Brix) e menor tempo de processo. Uma aplicação do extrato concentrado de banana é a produção de licor. O licor obtido de 19^o GL estava amarelo claro e sem turvação. Pela análise sensorial realizada, 74% das pessoas gostaram do licor devido ao sabor e aroma de banana.

Palavras-chave: banana, ultrafiltração, osmose inversa, polifenol oxidase, concentração, inibição, licor.

TANADA, PATRÍCIA SAYURI. PRODUCTION OF A BANANA (*MUSA CAVENDISHII*) EXTRACT BY ULTRAFILTRATION CONTAINING NO POLYPHENOL OXIDASE AND ITS CONCENTRATION BY REVERSE OSMOSIS. CAMPINAS: FOOD TECHNOLOGY DEPARTMENT, FACULTY OF FOOD ENGINEERING, 1996. 101P. (MASTER THESIS IN FOOD TECHNOLOGY).

ABSTRACT

The objective of this research was the production of a banana extract by ultrafiltration containing no polyphenol oxidase by ultrafiltration and its concentration by reverse osmosis. The extraction of the banana juice was effected after a prior inhibition of the enzyme polyphenol oxidase using a solution containing 0,15% sodium metabisulfite and 1% ascorbic acid to avoid initial browning. Later, this enzyme was successfully retained by ultrafiltration. The processes of ultrafiltration were carried out using polysulfone membranes with a cut-off of 20.000 daltons at two transmembrane pressures, 6 and 8 bar. The process using a pressure of 6 bar was better because of the more stable permeate flux, decreasing less with time and concentration. The processes of reverse osmosis were effected using thin film composite membranes (HR-95) and four experiments were carried out, two with a transmembrane pressure of 40 bar, one with the 6 bar ultrafiltered juice and the other with the 8 bar one, and two processes at 60 bar, with the same ultrafiltered juices. The processes at 60 bar were better, specially that with the 6 bar ultrafiltered juice, because of the higher permeate flux (27,8 L/h.m²) and concentration of the juice (31° Brix) and the shorter process' time. One application of the concentrated banana extract is the production of liqueur. Liqueur with 19° GL was produced presenting a light yellow, transparent appearance and no turbidity. A sensory evaluation indicated that 74% of the people liked the liqueur because of the taste and flavour of banana.

Key-words: banana, ultrafiltration, reverse osmosis, polyphenol oxidase, inhibition, concentration, liqueur.

1. INTRODUÇÃO

Dados estatísticos da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), apontam o Brasil como o segundo maior produtor mundial de banana, depois da Índia, com uma produção anual de aproximadamente 5.773.000 toneladas. Na produção brasileira, o estado de São Paulo é o segundo maior produtor, depois do estado da Bahia.

O desempenho da produção de banana no Brasil, entre 1970 e 1992, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi crescente, já que a produção de 1970 era de 493.000 toneladas de cachos de banana e em 1992, esta era de 562.000. Isto, juntamente com os dados mostrados anteriormente, reforça que a bananicultura é importante para a economia brasileira.

Porém, apesar da grande produção de banana no Brasil, a quantidade de banana que é processada é muito pequena, devido à competição com a fruta fresca. Os produtos que vêm sendo industrializados são: purê, néctar, frutas em calda, produtos desidratados, doces em massa e geléia. No entanto, a produção é insignificante diante da matéria-prima total disponível.

A demanda mundial por sucos de frutas, incluindo sucos exóticos e/ou tropicais, está aumentando, e a banana por apresentar um aroma apreciável, pode competir nesse mercado, com o suco de banana. Suco de banana é um tipo de produto com identidade suficientemente diferente para minimizar a competição direta com a fruta fresca. Assim, o suco de banana pode ser comercializado para consumo direto. O suco concentrado de banana, objeto deste trabalho, é mais vantajoso em termos de armazenamento e transporte. Uma alternativa de uso desse suco concentrado é a produção de licor de banana, com alta qualidade em termos de aroma e cor sem turvação. O processo de concentração do suco de banana usado neste trabalho foi a osmose inversa, processo em que não há degradação térmica, por ser a frio, assim preservando mais o aroma e sabor

naturais de banana. No processo convencional de concentração de sucos, a evaporação, por utilizar altas temperaturas, há grande perda de compostos aromáticos. Previamente à osmose inversa foi realizada a ultrafiltração, processo que clarifica o suco e retém macromoléculas que podem ser responsáveis pela formação de turbidez no licor.

Um problema que a banana apresenta no processo de industrialização, é o rápido escurecimento logo após o descascamento. Isso é devido à existência da enzima polifenol oxidase. O processo convencional para inativação dessa enzima é o tratamento térmico. Esse tratamento térmico precisa ser intenso, devido à alta resistência dessa enzima ao calor. Com isso, a perda de compostos aromáticos da banana é grande. Portanto, nesse trabalho estudou-se a eliminação da enzima polifenol oxidase pelo processo de ultrafiltração. A ultrafiltração é um processo de separação a frio, baseado no tamanho dos constituintes de uma solução. O processo se dá através de uma membrana que, sob pressão, permite que moléculas de baixo peso molecular, sais orgânicos e água, passem através dos poros e sejam coletados como o permeado. As substâncias retidas incluem colóides, proteínas, contaminantes microbiológicos, enzimas e grandes moléculas orgânicas. E também, na ultrafiltração, os açúcares e aminoácidos que poderiam provocar reação de escurecimento de Maillard por aquecimento, são mantidos a baixa temperatura, assim inibindo o desenvolvimento de sabor residual (KÖSEOGLU *et alii*, 1990). Mas antes que se possa aplicar essa etapa de ultrafiltração, é preciso inibir a enzima polifenol oxidase, já que ela começa a agir assim que a banana é descascada. Como pode ser visto em vários estudos (MARKAKIS & EMBS, 1966; VALERO, 1992 e ALMEIDA & NOGUEIRA, 1995), o ácido ascórbico e o metabissulfito de sódio são os inibidores da enzima polifenol oxidase mais efetivos, além do ácido cítrico, que também é efetivo, porém deixa um sabor residual ácido não aconselhável no suco de banana. Assim sendo, foram usados o ácido ascórbico e o metabissulfito de sódio, apesar do custo do ácido ascórbico ser mais elevado do que o do ácido cítrico. O objetivo era inibir a enzima polifenol oxidase e não inativá-la, já que ela pode ser retida na etapa de ultrafiltração.

Sucos de frutas cítricas e de muitas outras frutas de clima temperado podem ser obtidos por simples pressão ou centrifugação. Entretanto, a banana apresenta elevada viscosidade da polpa, devido à pectina, para se poder obter sucos por esses processos, sem dispêndio de muita energia. Assim, é necessário proceder previamente a redução da viscosidade por meio de enzimas ou compostos similares. Nesse trabalho, usou-se pectinase comercial para a redução da viscosidade, sendo assim possível se proceder a centrifugação e também obter um rendimento maior de suco.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Matéria-prima: banana no processamento de suco

A banana é um alimento altamente energético (cerca de 100 calorias por 100 g de polpa), cujos carboidratos (cerca de 22%) são facilmente assimiláveis. Embora pobre em proteínas e lípidos, seus teores superam os da maçã, pera, cereja ou pêssego. Contém tanta vitamina C quanto a maçã, além de razoáveis quantidades de vitamina A, B₁ e B₂, e pequenas quantidades de D e E, e uma maior porcentagem de potássio, fósforo, cálcio e ferro do que a maçã ou a laranja (MEDINA, 1985).

DUPAIGNE & DALNIC (1965) recomendaram o uso de bananas totalmente amadurecidas para extração de suco para garantir o desenvolvimento completo do aroma e máximo conteúdo de açúcar.

TOCCHINI & LARA (1977) produziram suco de banana simples e concentrado a partir de bananas nanicao em estágio de maturação dentro dos padrões 7 e 8 da United Brands Company.

VÍQUEZ *et alii* (1981) extraíram suco de banana clarificado com enzimas pectinolíticas a partir de bananas (*Musa cavendishii*) rejeitadas para consumo humano da zona de Guapiles da Costa Rica. Estudaram 3 graus de maturação: grau 1, completamente amarela sem pontos pretos; grau 2, completamente amarela com pequeno número de pontos pretos; grau 3, completamente amarela com muitos pontos pretos (equivalentes aos índices 6, 7 e 8 da United Brands Company). O rendimento de suco aumentou com a maturação para todos os tratamentos enzimáticos testados. Isto é consistente com a quebra progressiva de pectina da banana devido a atividade enzimática endógena e portanto menor é o requerimento de enzima exógena. As frutas muito maduras (grau 3) apresentavam muitos machucados e não era vantajoso o seu uso,

mesmo o rendimento de suco sendo um pouco maior. Conseqüentemente, a fruta com grau 2 de maturação foi considerada ótima.

GOUS *et alii* (1987) utilizaram bananas nos estágios 3, 4, 5, 6, 7 e 8 de maturação da United Brands Company para verificarem o efeito de enzimas comerciais na liquefação de purê de banana. Chegaram à conclusão de que é impraticável o uso de bananas verdes, apesar de possuírem alto potencial de conteúdo de açúcar pela conversão do amido em glicose e dextrinas, devido a inibição de enzimas por polifenóis, pela adstringência advinda dos taninos condensados e pela dificuldade em se descascar as bananas verdes.

2.2. Enzimas

2.2.1. Polifenol oxidase

A polifenol oxidase (PFO) é responsável pelas reações de escurecimento enzimático de frutas e vegetais. É uma proteína multifuncional, contendo cobre, e catalisa a ortohidroxilação de monofenóis para o-difenóis (atividade de cresolase), e a subsequente oxidação de o-difenóis para o-quinonas (atividade de catecolase). As quinonas formadas reagem entre si e com aminoácidos ou proteínas para originar os característicos pigmentos marrons, as melaninas.

EMBS & MARKAKIS (1965) evidenciaram, através de testes espectrofotométricos, manométricos, cromatográficos e eletroforéticos, que o sulfito previne o escurecimento enzimático provocado pela PFO pela combinação com o-quinonas, produzidas enzimaticamente, e assim pára a condensação destas à melanina. Durante a pré-incubação de PFO com sulfito, foi observada uma gradual perda de propriedade da enzima que causa o escurecimento. Este estudo do efeito de sulfito na reação de PFO de

cogumelo com o-difenóis foi realizado em sistemas a pH 6,5, já que a esse pH, cerca de 95% do sal adicionado foi dissociado a íons sulfito e o restante a íons bissulfito.

MARKAKIS & EMBS (1966) estudaram o efeito de sulfito e ácido ascórbico na PFO de cogumelo. Os resultados dos testes indicaram que a quinona reagiu primeiramente com o ácido ascórbico e quando todo ácido ascórbico foi oxidado, a quinona combinada com o sulfito formou produtos adicionais. Em sistemas de o-difenóis, observou-se que as quinonas reagiram a diferentes velocidades com sulfito (1), ácido ascórbico (2), antocianinas (3) e consigo mesmas (4). Assim a velocidade de polimerização da quinona foi: $2 > 1 \geq 4 > 3$. As observações sugeriram também que sulfito em baixas concentrações induziu a um atraso na atividade de o-difenolase da enzima, embora houvesse uma gradual perda de atividade. Em sistemas de monofenóis, como em o-difenóis, foi observado que o sulfito agiu primeiramente inibindo a enzima do que competindo com o ácido ascórbico por quinonas. Assim, por todas as observações e pelo fato de que concentrações maiores de sulfito foram mais efetivas na inibição de PFO, foi entendido que o ácido ascórbico, prevenindo a reação de sulfito com quinonas, facilitou a inibição da enzima por sulfito. Assim, a inibição da enzima resultou em diminuição da perda total de ácido ascórbico.

SAYAVEDRA-SOTO & MONTGOMERY (1986) estudaram a inibição de PFO por sulfito. Quando PFO foi exposta a sulfito, antes da adição de substrato, a inibição foi irreversível. O sulfito não inibiu PFO a pH 7 ou maior, a menos que a concentração utilizada fosse acima de 2,0 mg/ml. A pH menores, reduziu-se a concentração de sulfito necessária para inativar completamente a enzima e a pH próximo de 4, a inibição foi quase instantânea e completa com concentração de sulfito maiores que 0,04 mg/ml. Aumentando-se a concentração de sulfito, progressivamente, de 0,07 a 0,28 mg/ml SO_3^{2-} , inibiu-se a enzima, e uma vez que a atividade foi estabilizada depois de uma inibição inicial (aproximadamente 100 minutos), a inativação ocorreu a baixas taxas. As tentativas de retornar a atividade de PFO após inibição por sulfito, não obtiveram sucesso. A diálise de PFO purificada de pera e inativada por sulfito, contra fosfato 0,01 M (pH 7) por 15

horas, a cromatografia de coluna de PFO purificada de pera e inativada por sulfito com fenil sefarose e a adição de sais de cobre a soluções de PFO inativadas por sulfito, onde o excesso de sulfito foi removido por diálise, não retornaram a atividade da enzima. Um complexo polifenol oxidase-SO₃ pode ter ocorrido devido a interação entre sulfito e PFO, formando PFO inativada com algumas propriedades diferentes. Os géis de poliacrilamida evidenciaram a modificação da estrutura, e/ou mudança de ionização da enzima que foi inativada por sulfito, pela formação de bandas extras de proteína. Isso evidencia que o modo direto de inibição irreversível de PFO foi a modificação da estrutura proteica, com retenção da unidade molecular.

IYENGAR & Mc EVILY (1992) estudaram alternativas de agentes anti-escurecimento ao uso de sulfitos em alimentos. Os agentes redutores agem causando redução química dos precursores de pigmentos. Esse efeito é temporário, já que os agentes redutores são oxidados irreversivelmente na reação. Devido à rápida oxidação de ácido ascórbico a ácido dehidroascórbico, levou-se ao desenvolvimento de derivados de ácido ascórbico, como ésteres 2- e 3-fosfato e -fosfinato de ácido ascórbico e éster ascorbil-6, que são mais estáveis. Os compostos sulfíticos são mais efetivos que o ácido ascórbico e são aceitos para uso em alimentos, mas em grandes quantidades podem deixar um sabor residual desagradável. Alternativas podem incluir aminoácidos contendo enxofre como L-cisteína, L-cistina e D, L-metionina. No entanto, as concentrações de cisteína e outros tióis que inibem o escurecimento, têm efeitos negativos no sabor. O pH ótimo de atividade de PFO está entre 6 - 7 e a enzima é inativada abaixo de pH 4. Assim pode-se usar acidulantes para inibir o escurecimento, como ácido cítrico, que além de abaixar o pH, liga-se ao cobre no sítio ativo da enzima, além de ácidos como málico, tartárico, malônico e também fosfórico. Mas, as grandes desvantagens do uso desses acidulantes são o alto preço, a disponibilidade limitada e o impacto negativo no sabor.

VALERO *et alii* (1992) realizaram um estudo da inibição da atividade de catecolase da PFO por metabissulfito. O metabissulfito afetou o escurecimento de dois modos diferentes: reagindo com quinonas produzidas por atividade catalítica e tendo um efeito

direto na enzima por ligar irreversivelmente a ambas formas da enzima, "meta" e "oxi", com diferentes taxas de inativação.

DUDLEY & HOTCHKISS (1989) investigaram o efeito de L-cisteína na atividade de PFO de cogumelo. A cisteína provocou dois efeitos: primeiro, uma fase lag quando a formação de melanina foi medida e, secundariamente, a taxa de escurecimento foi diminuída após a fase lag. A fase lag não foi observada quando a formação de composto cisteína-quinona e formação de melanina foram medidas. Isso sugere que a fase lag observada na formação de melanina foi devido à formação do composto (cisteína-quinona) e não à redução de quinona. Também a cisteína mostrou-se ser um inibidor mais efetivo do que sulfito de sódio, numa base equimolar, quando a formação de o-fenil quinona foi experimentado usando ácido 2-nitro-5-tiobenzóico (TNB). Isso indica que a cisteína competiu mais efetivamente com TNB por o-fenil quinona do que sulfito. Quando ácido ascórbico ou ácido cítrico foi combinado com cisteína, na mesma concentração, a inibição combinada não foi maior do que a com cisteína somente. A inibição foi maior do que com cisteína sozinha, com maiores relações de ácido ascórbico e cítrico para cisteína, mas o efeito foi sempre menor que a somatória de cada inibidor sozinha.

OSMIANSKI & LEE (1990) investigaram a inibição da atividade da PFO e escurecimento por mel. Compararam as taxas de escurecimento de pedaços de maçã em soluções 8% de sacarose (o nível de açúcar em soluções 10% de mel) e 10% de mel, já que soluções de sacarose inibem a descoloração, reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido e a taxa de difusão do oxigênio do ar no tecido da fruta. Os resultados mostraram que pedaços de maçã tratados com mel exibiram a menor taxa de escurecimento, seguido por sacarose e água. A porcentagem de inibição em pedaços de maçã após 2 horas com mel e sacarose foi de 62 e 23%, respectivamente. Isso sugere que o mel contém inibidores (peptídeos de baixo peso molecular) de PFO em adição aos açúcares. Porém, o mel não é tão efetivo na prevenção do escurecimento como é o ácido ascórbico.

MARTINEZ & WHITAKER (1995) realizaram um estudo da bioquímica e controle do escurecimento enzimático. Verificaram que os pesos moleculares de polifenol oxidases de sequência de DNA são 58.000 e aproximadamente 63.000 daltons para rato e humanos, respectivamente, e 128.000 daltons para PFO de cogumelo. Em plantas, a faixa de pesos moleculares previstos é de 57.000 a 62.000 daltons. Polifenol oxidases de *Neurospora crassa* e *Streptomyces glaucesceus* são enzimas polipeptídicas simples de 46.000 e 30.900 daltons, respectivamente. PFO de cogumelo parece conter 4 subunidades com um peso molecular total de 128.000 daltons. Para o controle de escurecimento enzimático na indústria de alimentos, citaram o uso de inativação térmica da PFO por aplicação de temperaturas superiores a 50° C, mas podendo produzir cor e/ou aromas indesejáveis, assim como indesejáveis mudanças na textura. Temperaturas acima de 60° C por 3 minutos foram usadas como tratamento térmico para uvas vermelhas antes da vinificação. O uso de compostos redutores é até hoje o meio mais efetivo de controlar o escurecimento por PFO. Os estudos com PFO de cogumelo revelaram que ascorbato, bissulfitos e compostos de tióis têm um efeito direto de inativação na PFO, em adição à habilidade de reduzir benzoquinonas para o-dihidroxifenóis.

WEAVER & CHARLEY (1974) estudaram o escurecimento enzimático de bananas maduras. Verificaram que a dopamina é o principal substrato da PFO de banana e que há correlação entre o conteúdo de dopamina e a susceptibilidade da banana ao escurecimento. A correlação entre o conteúdo de dopamina e o escurecimento inicial foi também significativa. Como o conteúdo de dopamina diminuiu com o amadurecimento, o escurecimento inicial e a taxa de escurecimento aumentaram. A conversão de parte da dopamina a compostos coloridos pode possivelmente participar do aumento do escurecimento da fruta amadurecida. Não foi encontrada nenhuma correlação entre atividade de PFO e escurecimento inicial e susceptibilidade à descoloração. Porém houve correlação significativa entre concentração de ácido ascórbico e escurecimento inicial e susceptibilidade à descoloração. Ambos aumentaram com a diminuição de ácido ascórbico no amadurecimento de bananas individuais. O efeito inibitório do ácido ascórbico no escurecimento pode ser devido à sua capacidade redutora ou à inibição da

enzima. Com a diminuição da concentração de ácido ascórbico com o amadurecimento, a concentração de dopamina diminuiu, sugerindo que o ácido ascórbico foi oxidado e quinonas não puderam voltar à dopamina. Aumento de contato da enzima com o substrato, com o amadurecimento da banana, contribuiu para aumento da descoloração. Assim, este estudo sugere que a concentração de dopamina é influenciada pela concentração de ácido ascórbico e pode ser fator contribuinte no escurecimento de bananas. A atividade de PFO não parece ser um fator limitante.

GALEAZZI & SGARBIERI (1981) estudaram a inibição de PFO de banana. Constataram que existem 4 a 5 isoenzimas em eletroforese de disco de gel, dependendo do substrato usado para detecção das formas ativas. As enzimas têm peso molecular de 30.000 ± 1.000 daltons em eletroforese SDS (sulfato dodecil de sódio)-gel e 62.000 ± 2.000 daltons em ultracentrifugação de gradiente de sacarose, sugerindo que as isoenzimas nativas devem ser dímeros de unidades estruturais de 30.000 daltons. Verificaram que a enzima foi ativa somente com o-difenóis e completamente inativa contra monofenóis. Também observaram que a enzima foi parcialmente inativada por íon cúprico e a efetividade de DIECA (dietil ditiocarbamato) na inibição da reação enzimática foi baixa e muito inferior a do ácido ascórbico, cisteína e metabissulfito de sódio. Os resultados sugeriram que o ácido ascórbico inibiu a reação enzimática para formação de pigmentos (polímeros). Nessa reação, o ácido ascórbico foi oxidado a ácido dehidroascórbico. Na inibição por metabissulfito, a fase lag observada com o aumento da concentração deste, foi provavelmente resultado de sua ação como agente redutor. O metabissulfito pode agir como agente redutor de o-benzoquinonas. Como ácido ascórbico e metabissulfito de sódio, cisteína é um agente redutor e poderia atuar reduzindo o-quinonas formadas pela ação de PFO em substratos fenólicos, assim retardando o aparecimento do produto final da reação. Concluiu-se que, embora as isoenzimas de PFO de banana sejam capazes de oxidar um grande número de substratos o-difenólicos, elas exibem, coletiva e individualmente, diferenças na especificidade face a diferentes substratos o-fenólicos.

CANO *et alii* (1990) avaliaram os efeitos de tratamentos térmicos na atividade de PFO e peroxidase de banana. Branqueamento de bananas descascadas, com água em ebulição por 11 minutos produziu inativação significativa de ambas as enzimas (96-100%). O efeito pareceu não estar relacionado à maturidade da fruta. As condições do tratamento foram drásticas e produziram um leve sabor de cozido demais no produto final, mas esse tratamento foi necessário para inibir a deterioração da cor de pedaços de banana congelados, se a adição simultânea de preservativos químicos for evitada. Os tratamentos com microondas produziram diferentes efeitos nas atividades de PFO e peroxidase, dependendo do nível de maturação da banana. A PFO foi muito estável quando o tratamento foi aplicado a frutas armazenadas por 14 dias (0-20% de perda da atividade de PFO). Os pedaços de banana verde apresentaram escurecimento não enzimático, isto é, reação de Maillard, devido ao alto conteúdo de umidade da fruta quando submetidos ao tratamento com microondas; pedaços de bananas totalmente amarelas também tornaram-se escuras. A absorção de energia de microondas pelo tecido vegetal, em virtude do conteúdo de água, resultou em mudanças químicas e físicas. O aquecimento por microondas pode aumentar a pressão interna da célula, levando a ruptura e perda de conteúdos da célula, oxidação e reações degradativas. O pré-tratamento com energia de microondas não foi adequado ao processamento de pedaços de banana, devido a efeitos não-enzimáticos secundários na cor da fruta.

ALMEIDA & NOGUEIRA (1995) investigaram métodos para controle da atividade de PFO para reduzir ou eliminar o uso de SO₂ em frutas e vegetais. Interações entre o uso de ácido ascórbico (0,1%), ácido cítrico (0,2%), EDTA (ácido etileno diamino tetra acético - 30 ppm), metabissulfito de sódio (0,05%) e tratamento térmico (70° C por 2 minutos) no controle de atividade de polifenol oxidase foram estudadas em abacate, banana, maçã, pera, pêssego, batata, cogumelo, beringela e palmito. PFO de beringela e de abacate foram as mais resistentes à inibição pelos métodos usados. O método menos eficiente para o controle de polifenol oxidase foi a combinação de ácido ascórbico e EDTA, enquanto os métodos mais eficientes foram as combinações de ácido ascórbico, ácido cítrico, metabissulfito de sódio e tratamento térmico. Assim, com exceção da PFO

de abacate, o método mais adequado para substituir o uso de SO_2 no controle de PFO foi a combinação de ácido ascórbico, ácido cítrico e tratamento térmico.

NOGUEIRA (1976) estudou a influência de 3 tratamentos para evitar o escurecimento enzimático em pedaços de maçã: branqueamento, submetendo os pedaços de maçã em água fervente por 1 minuto e 45 segundos; com SO_2 , imergindo em solução com 2.500 ppm de concentração de SO_2 por 1 minuto e depois colocando os pedaços em bandejas por 8 horas e 30 minutos para assegurar a penetração de SO_2 nos pedaços; e imersão em ácido ascórbico, em solução de 385 mg de ácido ascórbico por kg de fruta. Estudou também 3 métodos de processamento: enlatamento, congelamento e liofilização. Os resultados mostraram que o melhor tratamento foi a combinação branqueamento-congelamento para todos os atributos de qualidade, exceto para cor, em que a combinação SO_2 - congelamento foi superior. Para o congelamento, o melhor tratamento para o controle do escurecimento enzimático foi o branqueamento, porém, para a liofilização, as amostras tratadas com SO_2 foram superiores às branqueadas.

PONTING *et alii* (1972) avaliaram os efeitos de ácido ascórbico, cálcio e sulfitos em pedaços de maçã refrigerados na inibição do escurecimento enzimático. Pelos resultados obtidos, verificaram que a combinação de tratamentos com 1% de ácido ascórbico e 0,1% de cálcio (como cloreto de cálcio) foi muito efetiva. A combinação de tratamentos cálcio- SO_2 foi efetiva a qualquer concentração de SO_2 acima de 0,01%. A imersão em solução 0,03% de SO_2 mais 0,1% de cálcio também deu uma excelente proteção à cor. Nas observações preliminares, foi verificado que ácido ascórbico e baixas concentrações de SO_2 foram efetivas na proteção da cor quando combinado com cálcio, mas combinações de ácido ascórbico com SO_2 não foram melhores do que o aumento de apenas um componente. Assim, a combinação de 3 componentes: ácido ascórbico, SO_2 e cálcio, não foi mais efetiva que a combinação de 2 componentes: ácido ascórbico ou SO_2 com cálcio.

POIX *et alii* (1980) estudaram o efeito inibitório de cloretos de sódio e cálcio no escurecimento enzimático de maçã esmagada através de medição com colorímetro

HUNTER LAB. Foi demonstrado que a ação inibitória foi devida ao ânion cloreto e não aos cátions sódio e cálcio. A adição de cloretos em maçãs esmagadas retardou a ocorrência de escurecimento. Uma relação exponencial pareceu existir entre a velocidade de reação e a quantidade de cloreto adicionada para uma dada concentração de cloreto, o período de latência antes do escurecimento foi proporcional à quantidade de ácido ascórbico. O ácido ascórbico retardou o escurecimento sem alteração na atividade enzimática, enquanto o cloreto diminuiu sua atividade. Nas condições experimentais, verificou-se que a concentração de 29,4 meq Cl^- /100 g de fruta fresca pôde diminuir a velocidade do aparecimento de escurecimento a 0,1% de seu valor inicial. O fato do período de latência ser proporcional, ao mesmo tempo, à atividade enzimática e à quantidade de ácido ascórbico no esmagamento, denotou que a PFO não foi inativada nesses experimentos. Essa falta de inativação permite prever um método de avaliação de quantidade de ácido ascórbico endógeno e um método para determinar um "índice de fenóis envolvidos no escurecimento".

SAPERS & ZIOLKOWSKI (1987) compararam a efetividade de ácido ascórbico (AA) e ácido eritórbico (EA) na inibição do escurecimento enzimático de superfícies cortadas de maçã e em suco fresco. Os tratamentos foram feitos com imersão em solução de 0,8 a 1,6% de AA ou EA por 90 segundos e mostraram fase lag longa antes do início do escurecimento para pedaços de maçã. AA e EA foram similares na efetividade da inibição do escurecimento em suco de maçã. A grande diferença entre a superfície cortada da maçã e o suco deve estar relacionada com a taxa de oxidação de EA e AA, que afetaria a duração do período lag. No suco, a quebra de tecido da maçã e a liberação de enzimas foi bem maior. Devido a efetividade relativa entre AA e EA depender do sistema (no caso, o tipo de maçã) em que estão sendo comparados, eles não podem ser intercambiados como alternativos de sulfitos, sem verificação experimental de equivalência.

EL-SHIMI (1993) investigou o controle de atividade de PFO em pedaços de maçã pelo uso de ácido ascórbico a diferentes valores de pH, temperatura e tempo de

incubação. Quanto maior a concentração de ácido ascórbico, menor foi a atividade de fenolase. As concentrações de 1 a 1,5% de ácido ascórbico foram muito efetivas na redução de escurecimento enzimático em pedaços de maçã. O ácido ascórbico por si mesmo não é um inibidor para PFO; deve ser oxidado indiretamente pela enzima antes de poder inibir a atividade enzimática. Então, se ácido ascórbico suficiente está presente, a PFO oxidará seus substratos naturais e os produtos oxidados serão imediatamente reduzidos por ácido ascórbico. Assim, o tratamento deve ser com quantidade adequada de ácido ascórbico, senão o escurecimento será somente retardado até o ponto em que todo ácido ascórbico é oxidado. Foi visto que a atividade de fenolase é muito fraca em pH abaixo de 3, e considerável entre a faixa de pH 5-7. O efeito inibitório do ácido ascórbico foi evidente a temperaturas de 70-80° (10% de atividade, após 20 minutos) e abaixando o pH da maçã durante o processo, pode-se reduzir a temperatura e o tempo do tratamento térmico.

PIZZOCARO *et alii* (1993) estudaram o efeito inibitório de ácido ascórbico, ácido cítrico e cloreto de sódio na PFO de cubos de maçã. Imersão em solução de ácido ascórbico na faixa de 0,2-10 g/L e em cloreto de sódio na faixa de 0,2-1 g/L por 5 minutos aumentou a atividade de PFO. O aumento da atividade de PFO poderia ser devido à insuficiente concentração de ácido ascórbico, que a baixas concentrações pode reagir como pró-oxidante. O efeito inibitório do cloreto de sódio foi atribuído ao ânion cloreto: a ação é do tipo não-competitiva. O aumento da atividade de PFO neste caso pode estar relacionado com mudanças conformacionais da enzima ou associação ou dissociação de proteína devido à modificação da força iônica. Soluções de ácido cítrico na faixa de 0,2-10 g/L causaram pouca ou nenhuma inibição da PFO. Ácido cítrico não é um agente antioxidante, mas seu efeito inibitório poderia estar relacionado com o poder quelante cobre-fenolase. Inibição da PFO à 90-100% foi obtido com a imersão por 5 minutos em soluções de mistura de ácido ascórbico e ácido cítrico (10 + 2 g/L), e de ácido ascórbico e cloreto de sódio (10 + 0,5 g/L). Uma inibição similar foi obtida com 0,5% de metabissulfito de potássio ou com mistura de metabissulfito de potássio e ácido cítrico (0,3 + 2 g/L). A explicação de DE POIX *et alii* (1980) sobre o efeito sinérgico entre ácido ascórbico e

cloreto de sódio é de que o ácido ascórbico reduz as quinonas enzimaticamente formadas e atrasa o escurecimento sem alterar a atividade enzimática, enquanto que o ânion cloreto inibe diretamente a PFO.

Mc CORD & KILARA (1983) verificaram o controle da atividade de PFO pelo uso de ácido ascórbico em cogumelos. A enzima foi inativada a pH 4,0 e permaneceu estável por 10 minutos exposta a 25° C na faixa de pH entre 4,0 e 8,0. A pH 6,5, a enzima foi ativa a 45° C, mas não a 70° C. Ácido cítrico a pH 3,5 foi efetivo na inibição do escurecimento. Isso indica que o pH baixo é responsável pela perda de atividade de PFO e os mecanismos de inativação por pH e por tratamento térmico são independentes. Assim, é possível reduzir a temperatura da água no branqueamento e ainda obter inativação da enzima, quando o ácido cítrico é usado no processo.

ZAWISTOWSKI *et alii* (1987) estudaram a inibição da atividade de PFO em extratos de alcachofra de Jerusalém usando vários compostos agrupados de acordo com o modo de ação. Embora todos os compostos inibissem a atividade de PFO, a extensão da inibição foi dependente da natureza e concentração do inibidor. Usando 5 mM de concentração, a ordem de efetividade para os inibidores atingirem 98-99% de inibição foi: metabissulfito de sódio ou potássio > hidrossulfito de sódio. À concentração de 10 mM, a ordem de efetividade para um grau similar de inibição foi: L-cisteína > bissulfito de sódio > etil xantato de potássio. A valores de pH abaixo de 5,0, o pH por si mesmo foi um inibidor efetivo. Atividade de PFO em extratos armazenados a 4° C por 15 dias foi completamente inibida por 5 e 25 mM de metabissulfito de sódio e L-cisteína, respectivamente.

2.2.2. Pectinase

Pectinase é a enzima que catalisa reações de degradação das substâncias pécticas encontradas nas frutas. Assim, a pectinase liquefaz a polpa e diminui a sua

viscosidade, possibilitando o aumento da extração de suco de frutas e portanto, maior rendimento.

SREEKANTIAH *et alii* (1971) testaram um concentrado de enzima pectinolítica (PEC) no processamento de várias frutas como banana, uvas, manga e maçã. A enzima facilita a extração de suco de frutas macias. Para banana, o rendimento de suco calculado com base de polpa, foi de 93%, e 68% com base na fruta inteira. Houve um pequeno acréscimo no valor de açúcares redutores no suco, provavelmente devido à hidrólise de amido. A acidez também aumentou um pouco devido à liberação de grupos carboxílicos. Para uvas, foi realizado o tratamento com um preparado de enzimas pectinolíticas denominado MB (farelo de bolor) e o suco obtido teve um aumento de rendimento de 6 a 12,5%. Não houve aumento aparente no conteúdo de açúcares redutores, mas houve um ligeiro aumento na acidez total. A pectina foi completamente degradada no suco tratado com a enzima. Houve redução no conteúdo total de taninos, o que melhora o sabor residual tanto do suco de uva como do vinho. Para maçã, manga e papaia, a enzima PEC também foi efetiva no processamento de suco.

MUNYANGANIZI & COPPENS (1976) extraíram suco de banana com enzima pectolítica Rapidase C 10 (Société Rapidase Seclin) e estudaram várias concentrações desta. À concentração de 0,025 a 0,10% de enzima, o rendimento de suco aumentou um pouco em função da quantidade de enzima utilizada. Com 0,15% de enzima, o rendimento de suco foi maior que a concentrações inferiores que 0,1%.

TOCCHINI & LARA (1977) empregaram 4 enzimas comerciais, Pectinol 59 L (A) da Rohm & Hass, Spark-L (B) da Marschall, Fill (C) da Hamada e Ultrazym 100 Special (D) da Ciba-Geigy, para determinar as melhores condições de pH do substrato (purê de banana), de tempo e da temperatura do tratamento e da concentração da enzima, para reduzir a viscosidade e posteriormente extrair o suco. Pelos resultados, verificaram que o melhor pH de atuação para as enzimas A e C era de 4,0 e 4,7 para as enzimas B e D. De modo geral, os melhores tempos de atuação de A, C e D foram entre 15 e 20 minutos. Já

para a enzima B, esse tempo teve que ser maior que 30 minutos. A temperatura de 30° C mostrou-se eficiente na atividade das enzimas A, B e D; só para a enzima C, a melhor temperatura foi de 35° C. Assim, os resultados demonstraram que as enzimas apresentam uma boa atuação na redução da viscosidade do purê de banana, sendo que a D foi a melhor.

JALEEL *et alii* (1978) investigaram certos aspectos do processamento enzimático de banana (*Musa cavendishii*). A polpa de banana foi tratada com diferentes concentrações de enzima pectinolítica concentrada (PEC) variando de 0,5 a 2,0%. A reação foi acompanhada por 5 horas a temperatura ambiente (25-30° C). O rendimento máximo de suco de banana foi obtido com PEC a 1,5% por 3 horas de reação. Rendimento quase similar foi obtido mesmo após 2 horas de reação com 0,75% de enzima. A concentrações mais altas, houve uma pequena redução no rendimento inicial do suco. Assim, foi observado que a concentração de enzima de 0,75% a 1,0% (V/W de polpa) é suficiente para obter o máximo rendimento de suco. Outras conclusões obtidas do trabalho foram: agitação da polpa por 1 hora antes da adição da enzima foi benéfico para o processamento, e o pré-aquecimento da polpa e adição de um preservativo (0,1% de metabissulfito de potássio) foi necessário para obter um produto final de qualidade. Quando a variedade de banana é *cavendishii*, a aparência de pontos marrons na casca deve ser uma indicação do grau ótimo de maturação da banana para o processamento enzimático.

VÍQUEZ *et alii* (1981) testaram 6 preparações de enzimas comerciais: Pectinol e Pectinol D (Röhm Ltd), Pectinase PV8 (Miles MKC Ltd), Ultrazym 100 e Ultrazym 100 Special (Ciba-Geigy Ltd) e Claryfine Super (Sturge Chemicals), para obtenção de suco clarificado de banana. Os maiores rendimentos e graus de clarificação de suco foram obtidos com Ultrazym e Clarifine Super. A altas concentrações como 0,025% w/w e 0,05% w/w, houve pouca diferença entre as duas enzimas com relação ao rendimento de suco, redução de viscosidade ou clarificação. A concentrações mais baixas, Ultrazym produziu maior rendimento e clarificação de suco do que Clarifine. A concentração da enzima teve

pouco efeito nos 4 parâmetros-chave: rendimento de suco, redução de viscosidade, clarificação e decomposição de pectina precipitada. A dependência do rendimento de suco e clarificação foram similares na banana e o efeito máximo ocorreu entre 0,025% e 0,05% w/w com as 2 enzimas. A concentração ótima de Ultrazym para uma incubação de 2 horas a 45° C estava entre 0,01% e 0,025% w/w de polpa. A dependência do rendimento de suco com o tempo de incubação, mostrou que houve somente um pequeno aumento no rendimento entre 1 e 2 horas. O rendimento de suco não variou muito na faixa de temperatura de 35 - 55° C ou no reduzido pH da polpa de 3,8 (pH normal da polpa é de 4,9). O uso de condição altamente ácida reduziu possíveis problemas microbiológicos durante a incubação da enzima.

GOUS *et alii* (1987) estudaram o uso de enzimas comerciais, Pectinex Ultra SP-L, Ultrazym 100G, Pectinex 3XL, Celluclast 1,5L e Hemicellulase no processamento de banana. Todas as enzimas foram aplicadas a concentrações de 200 ppm, com exceção de Celluclast 1,5L que foi usado a 50 ppm, por 1 hora a temperatura de 45° C. Pectinex Ultra SP-L produziu os melhores resultados na redução de viscosidade. Hemicellulase e especialmente Celluclast 1,5L tiveram pouco efeito na viscosidade do purê. Também foi analisado combinação de enzimas e a combinação de Pectinex Ultra SP-L e Cereflo 200L teve o maior efeito na viscosidade do purê. Porém nenhuma das outras combinações teve efeito maior que Pectinex Ultra SP-L por si mesma. Estes testes foram realizados com bananas verdes e maduras e os resultados indicaram que bananas verdes, apesar de terem um potencial de conteúdo de açúcar maior do que bananas maduras, devido à conversão do amido em glicose e dextrinas, é impraticável o uso destas devido à inibição das enzimas por polifenóis, pela adstringência provocada pelos taninos condensados e pela dificuldade em se descascar as bananas verdes.

WANI & SANI (1990) obtiveram suco de ameixa clarificado pelo processo "hot break" e pelo processo "cold break". O rendimento do suco é maior pelo processo "hot break". A adição de água aumentou o rendimento do suco, mas reduziu o conteúdo de

sólidos totais. O tratamento com enzimas pectinolíticas aumentou o rendimento do suco, mas reduziu os sólidos solúveis totais, sólidos totais e a viscosidade relativa do suco.

JOSHII *et alii* (1991) extraíram suco de pêssegos, ameixas e damascos por tratamento pectinolítico. A adição de enzima pectinolítica (pectinol) à polpas de pêssego, ameixa e damasco aumentou o rendimento de suco, causando uma pequena modificação nos parâmetros sólidos solúveis totais, pH e acidez e uma drástica diminuição da viscosidade aparente. Entretanto, por análise sensorial, foi verificado que houve preferência pelo suco tratado com enzima em relação à cor e claridade. Mas não houve diferença no sabor e aroma entre sucos tratados e não tratados. O estudo mostrou que o tratamento de polpas de pêssego, damasco e ameixa com 0,5% de enzima aumentou o rendimento de suco sem afetar as características de qualidade.

SREENATH (1991) estudou o uso de enzimas na clarificação de suco de uvas brancas. Pectinex Ultra SP-L, uma preparação enzimática de pectinase, foi muito ativa na hidrólise de pectina, amido, xilana e carboximetil celulose (CMC). Visualmente o suco de uva tratado com a enzima comercial Pectinex Ultra SP-L exibiu clarificação, enquanto o controle estava túrbido. O tratamento com Pectinex Ultra SP-L removeu 98-99% de turbidez do suco de uva, enquanto que as enzimas comerciais como Celluclast exibiu somente 50-60% de remoção de turbidez. A degradação da mistura de uva foi de 27% com Pectinex Ultra SP-L e 17% com Celluclast. A combinação de Pectinex Ultra SP-L com Celluclast degradou a mistura de uva em 37%, entretanto essa combinação não melhorou a claridade, comparado com o aumento alcançado por Pectinex Ultra SP-L sozinha. O suco obtido por Pectinex Ultra SP-L teve menor viscosidade comparado com os outros tratamentos enzimáticos. O tratamento com Pectinex Ultra SP-L também reduziu o conteúdo total de fenóis do suco. Esse resultado sugere uma possível formação de complexo entre protopectina e fenóis solúveis no suco que podem levar à precipitação do complexo durante a clarificação pectinolítica. A concentração ótima para o tratamento de mistura de uva foi de 0,048% de enzima a 27-30° C por 30 minutos, sem mudança do pH da mistura. Após a clarificação pectinolítica do suco, a viscosidade e os fenóis totais

foram reduzidos em 25% e 32%, respectivamente. As vantagens da Pectinex Ultra SP-L sobre as outras enzimas comerciais foram a remoção perfeita de turbidez, redução de viscosidade e quebra do complexo de turbidez da protopectina. Entretanto, a eficiência da clarificação pectinolítica não dependeu somente da variedade das frutas, grau de amadurecimento e componentes de turbidez da fruta, mas também da origem, natureza e pureza das enzimas.

PHEANTAVEERAT & ANPRUNG (1993) investigaram uma possível aplicação de pectinases, celulasas e amilases disponíveis comercialmente (Pectinex Ultra SP-L, Celluclast 1,5L e Ban 240L, respectivamente) para hidrólise de polpa de banana amadurecida (graus 7-8). Um efeito sinérgico positivo no grau de hidrólise da polpa (observado pelo decréscimo de viscosidade do suco obtido da polpa) foi obtido quando a polpa de banana foi incubada com 0,06% de celulase e 0,05% de pectinase à 45° C por 2 horas. Sob essas condições, foi obtido um rendimento de 73% (em relação ao peso de polpa) de suco claro. Resultados sugeriram que amilases não foram efetivas na produção de suco de banana.

2.3. Processos de industrialização da banana

2.3.1. Suco de banana

Os produtos mais comuns obtidos da industrialização da banana são: purê, néctar, produtos desidratados (na forma de pó e farinha, flocos e passa), fruta em calda e doces em geral. Uma outra forma de aproveitamento, que não tem sido muito estudada, é o suco clarificado e concentrado. O suco de banana em si é um produto de difícil obtenção, devido à elevada viscosidade da polpa. Há necessidade, portanto, de se proceder a uma redução dessa viscosidade, por meio de enzimas ou compostos que atuem de maneira similar.

A primeira referência específica é de DUPAIGNE & DALNIC (1965), que propuseram a extração do suco por meio da utilização de enzimas pectinolíticas. Todavia, esse trabalho não fornece pormenores a respeito das condições de trabalho, fluxograma de processamento, rendimentos, etc.

DUPAIGNE (1974) descreveu um método para a obtenção de suco clarificado de banana, para posterior utilização na fabricação de cerveja. As principais etapas do método foram as seguintes: liquefação da polpa, antes da prensagem, pela adição de uma mistura de pectinesterase fúngica e poligalacturonase, em ausência de ar; adição de suco de limão como antioxidante; adição de cal (CaO), a fim de precipitar a pectina na forma de pectato de cálcio; correção do pH com H_2SO_4 e centrifugação (rendimento de 88%). O produto assim obtido era um suco claro, límpido, bastante adequado à fermentação.

MUMYANGANIZI & COPPENS (1974) extraíram suco de banana por centrifugação e por prensagem. O rendimento por centrifugação, cerca de 65-77%, foi inferior ao obtido por prensagem, que foi cerca de 82-88%, mas evidentemente depende do ponto de maturação da banana e das condições de centrifugação e prensagem. Os melhores rendimentos, todavia, foram obtidos por centrifugação a 14.000 rpm ou pela pressão de 80 kg/cm². A extração do suco foi facilitada por calagem. O excesso de CaO foi neutralizado com H_2SO_4 6N. A concentração de 0,5% de CaO foi a que apresentou melhores resultados por evitar o fenômeno de escurecimento e manter o aroma intenso de banana. Os sucos obtidos eram claros, amarelos, com sabor e aroma agradáveis.

MUMYANGANIZI & COPPENS (1976) compararam a extração de suco de banana por enzimas pectinolíticas e pelo processo calco-sulfúrico. À temperatura de 50° C e pH entre 4,0 e 5,0, obtiveram-se os melhores rendimentos de suco, cerca de 90%. O rendimento de suco por enzima Rapidase C 10 a 0,05% foi de 88% e de 82% com 0,5% de CaO. Usando o processo calco-sulfúrico, nenhuma alteração de cor foi observada, ou

seja, o escurecimento foi eliminado, já o suco extraído por enzima apresentou coloração marrom.

TOCCHINI & LARA (1977) estudaram a produção de suco de banana simples e concentrado, utilizando-se enzimas pectinolíticas para redução da viscosidade da polpa, a fim de facilitar a extração do suco por centrifugação. A extração de suco proporcionou rendimentos de 30 a 35% de suco com 21^o Brix. O suco clarificado, foi concentrado em evaporador Centri-Therm até 71,0^o Brix e apresentou boa retenção de aroma e cor, além de sabor agradável.

VÍQUEZ *et alii* (1981) estudaram a produção de suco clarificado de banana usando enzimas pectinolíticas. O rendimento de suco clarificado foi de 55-60% (baseado no peso de polpa utilizada), obtido de polpa incubada a 45^o C por 1 hora com 0,01% w/w de enzima e subsequente centrifugação a 4.000 rpm por 20 minutos. Isso correspondeu a um rendimento de açúcares totais e redutores presentes na polpa de mais de 75%. Polpas sem tratamento enzimático só conseguiram render 5% de suco, sob as mesmas condições. Pressão hidráulica da polpa a 16 kg/cm² originou um rendimento de suco similar ao obtido por centrifugação. O suco, obtido pelos dois processos, tinha um excelente aroma e possibilita o uso de grande quantidade de bananas rejeitadas para consumo humano.

SIMS & BATES (1994) estudaram a produção de suco clarificado de banana. Primeiramente, determinaram os melhores métodos para reduzir a viscosidade e prevenir o escurecimento. Uma combinação de pectinase, celulase e hemicelulase foi a mais efetiva de todos os sistemas de enzima na redução da viscosidade e para melhorar a filtrabilidade. Para limitar o escurecimento, os melhores tratamentos foram: o aquecimento do purê ou das bananas inteiras por 1-2 minutos a 80^o C, ou a adição de 100 mg/litro de metabissulfito de potássio. Secundariamente, determinou-se os efeitos da ultrafiltração e aquecimento do purê e/ou do suco no escurecimento e alterações sensoriais. A membrana de ultrafiltração com peso molecular de corte de 10.000 daltons reduziu o escurecimento

no suco, mas não mudou o aroma e sabor. O aquecimento do purê a 90° C inativou a polifenol oxidase e reduziu o escurecimento no suco. A pasteurização (90° C) aumentou o escurecimento no suco e alterou o sabor e aroma, se o purê não tinha sido aquecido. A pasteurização teve menos efeito no escurecimento do suco do que na atividade enzimática do purê.

2.3.2. Licor de banana

CARVALHO *et alii* (1975) utilizaram a banana nanicão (cultivar do subgrupo *cavendishii*) para a obtenção de licor de banana. A polpa de banana foi submetida à maceração alcoólica a 60° GL durante 10 a 15 dias. Decorrido esse período, a polpa se separou da parte sobrenadante, sedimentando-se. Procedeu-se, a seguir, à trasfega, que foi feita por sifonagem. A borra restante foi facilmente prensada, sem problemas de colmatagem. A adição de adoçantes pode variar de acordo com o paladar do consumidor. Uma sugestão pôde ser formulada com 125 g de glicose (xarope) e 250 g de açúcar cristal por litro de licor. Para que o licor apresentasse um equilíbrio no sabor, efetuou-se a correção de acidez com ácido cítrico. A acidez recomendada é ao redor de 0,2%, expressa em ácido cítrico anidro.

O fluxograma de elaboração do licor de banana encontra-se na Figura 2.1.

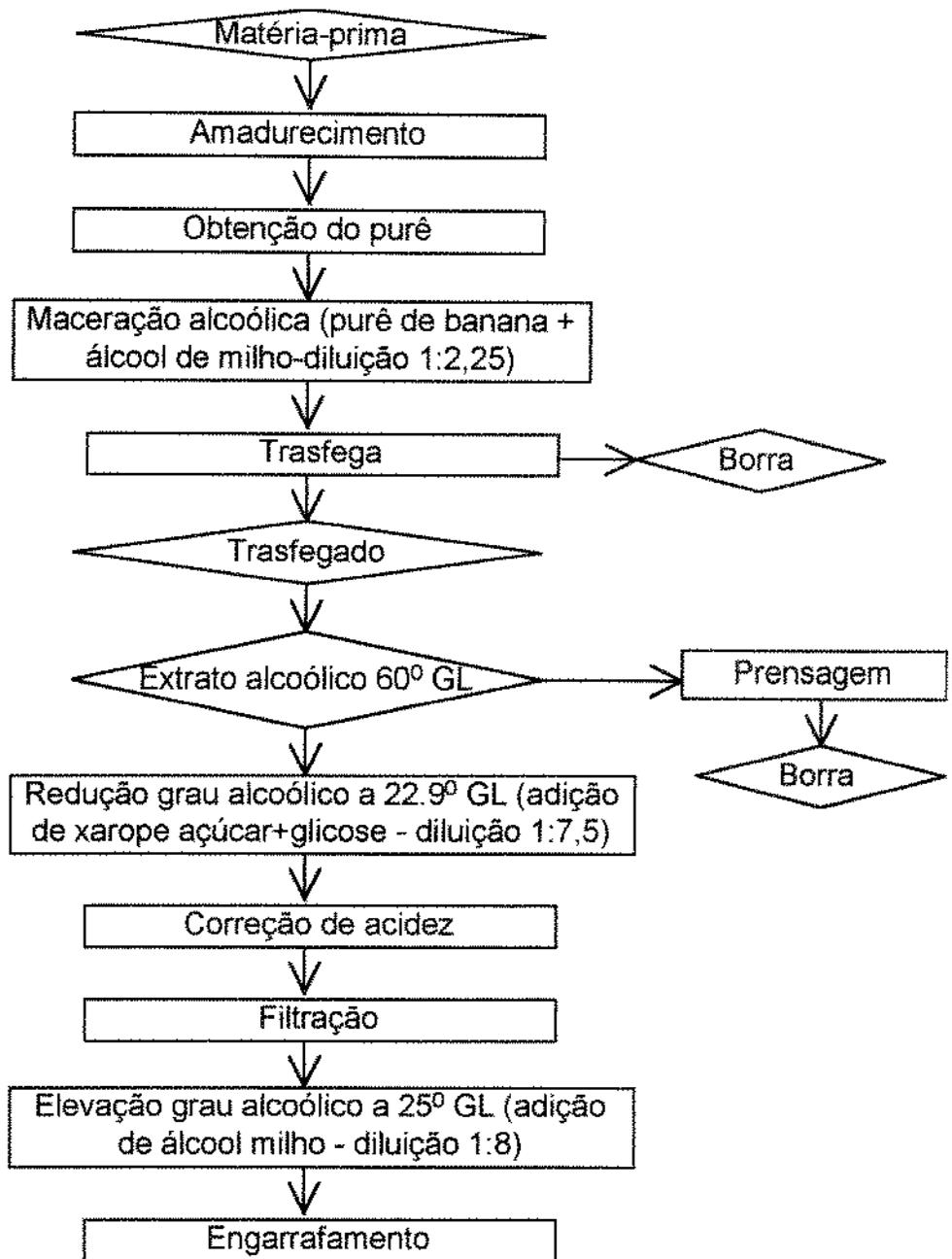


Figura 2.1 - Fluxograma convencional de elaboração de licor de banana

2.4. Produção de licor

HASHIZUME *et alii* (1976) estudaram o processamento de licor de maracujá através de 5 processos diferentes, empregando-se o suco simples recém-extraído e o suco concentrado e congelado. Para o suco simples, recém-extraído, a diluição de 1:9 (10 vezes) apresentou resultado satisfatório e para o suco concentrado e congelado, a diluição adequada foi de 1:29 (30 vezes). Essa diluição depende da acidez inicial do suco obtido e daquela desejada no licor a ser preparado. Para o caso de maracujá, a acidez final do licor, quando ao redor de 45 a 50 meq/l ou 0,28 a 0,32% em ácido cítrico, foi considerada boa para essa bebida.

Para a estabilidade de licor de maracujá, recomenda-se que o tratamento com bentonita seja feito antes da adição de adoçantes, assim a operação de clarificação é mais rápida, devido à menor viscosidade, além de evitar ainda a perda de adoçante junto à borra. É perfeitamente viável a obtenção de licor a partir do suco concentrado e congelado de maracujá já que o produto, assim obtido, não apresentou diferença sensorial em relação ao licor processado com suco simples, recém-extraído. De acordo com os estudos qualitativos de substâncias que causavam a turvação ou precipitação no licor armazenado, ficou evidenciado que esta pode ser causada por aminoácidos livres ou peptídeos de cadeia curta, insolúveis em água ou em solução hidroalcoólica de baixa graduação, como é o caso do licor de maracujá.

2.5. Usos da ultrafiltração e da osmose inversa na produção de sucos

A ultrafiltração (UF) e a osmose inversa (OI) na concentração de sucos oferecem baixos custos operacionais e não há a degradação oxidativa ou térmica do produto (MALDONADO, 1991). Provém um alto grau de retenção de componentes de aroma comparado com o aquecimento e concentradores à vácuo. Também oferecem a possibilidade de substituir as etapas de filtração e decantação do processo convencional,

obtendo-se uma produtividade mais alta. Asseguram ainda a esterilidade do produto final e a possibilidade de eliminação da etapa de pasteurização.

ANON (1983) reportou que a concentração de sucos a altas concentrações pode ser conseguida por OI através de membranas não-celulósicas que são capazes de operar a pressões acima de 80 bar. Suco de fruta é normalmente concentrado por evaporadores operando a temperaturas reduzidas para diminuir os efeitos da degradação térmica do aroma. Isso torna o evaporador menos eficiente. Por outro lado, osmose inversa é muito eficiente e pode ser operada a temperatura ambiente. Além da vantagem energética, a membrana não-celulósica melhora as características de retenção de aroma e compostos de baixo peso molecular. Sistemas de osmose inversa podem ser instalados em linhas já existentes, antes de evaporadores, para pré-concentrar os sucos de frutas. Assim pode-se aumentar a capacidade total. A concentração de suco de frutas antes do transporte reduz os custos. Como o suco é concentrado, menos gastos com transporte são necessários. A OI envolve aplicação de pressão a soluções como sucos de frutas, à temperatura ambiente. Isso significa um uso altamente eficiente da energia elétrica. Um consumo típico é de 9 Kwh para cada metro cúbico de água removida. O baixo consumo de energia torna o sistema de OI capaz de concentrar soluções diluídas a baixo custo. Pode-se atingir uma concentração final superior a 30% de sólidos totais. A operação é simples porque a alimentação é bombeada através da superfície da membrana e virtualmente a água pura é retirada como permeado, enquanto o concentrado é retido. Assim, plantas automáticas de OI requerem um mínimo de atenção do operador de planta.

MALDONADO (1991) citou o uso da UF na produção de suco de frutas. Algumas membranas podem remover ácidos e sais de baixo peso molecular para criar produtos mais doces ou remover uma parte dos açúcares para produzir bebidas dietéticas, que podem ser comercializadas como alternativa de baixas calorias. O uso da UF assegura a esterilidade do produto final e a possibilidade de eliminação da etapa de pasteurização, anterior ao engarrafamento. A UF apresenta também as seguintes vantagens:

- Obtenção de um suco muito claro, já que grande parte das impurezas são retidas pela membrana. Isso não é somente devido a remoção de pectinas e outros carboidratos, mas também por causa da grande redução de complexos proteína-taninos.
- Redução do nível de rejeitos, obtendo-se rendimentos cerca de 5% mais altos, comparativamente aos processos convencionais.
- Redução dos custos operacionais pela eliminação de etapas como filtração, decantação e pasteurização, bem como no custo das enzimas, uma vez que as membranas, ao retê-las, permitem a sua reciclagem.
- Operação de um processo contínuo que facilita o controle de produção. O objetivo final é a adoção de um processo totalmente automatizado e, conseqüentemente, com custos indiretos mais baixos, porém com taxas operacionais mais altas.
- As propriedades organolépticas do produto final devem ser superiores, já que a quantidade de tratamento térmico pode ser reduzida. A esterilização "a frio" do processo de UF, para remover bactérias deterioradoras e leveduras, deve levar também a operações assépticas de embalagem.

RAMTEKE (1993) relatou que o sucesso da tecnologia de membranas na concentração de sucos de frutas depende do desenvolvimento de membranas adequadas e módulos de membranas que possam reter os componentes de aroma. Entre as membranas desenvolvidas durante a última década, as membranas de filme composto (TFC) da família das poliamidas apresentam maior fluxo, taxa de concentração e retenção de componentes de aroma, do que aquelas membranas de celulose de acetato (CA). O entupimento é um problema sério na concentração de sucos de frutas por membrana, assim requerendo uma frequente limpeza. O baixo conteúdo de sólidos conseguido pela osmose inversa é outro problema na concentração por membranas. Para superar essa limitação, inúmeros processos ou técnicas estão sendo desenvolvidos. A remoção de

sólidos suspensos por UF anterior à osmose inversa permite a concentração de suco de laranja a níveis superiores a 42° Brix . Um novo processo chamado "fresh note" pode ser usado para concentrar sucos de frutas a 45-55° Brix em escala comercial e acima de 70° Brix em escala piloto.

SHEU & WILEY (1983) estudaram a pré-concentração de suco de maçã por OI. Sucos de maçã (10° Brix) integrais foram processados por OI a 20-25° Brix, a 20° C. Isso significou uma redução de cerca de 50-75% no conteúdo de água do suco, assim sendo um produto potencial para consumo ou para processamentos posteriores. Um sistema de UF - OI de quadro e placas de escala piloto Lab Module 20 da DDS (De Danske Sukkerfabrikker) foi usado com membranas de acetato de celulose (CA), CA-865 e/ou CA-990, ou membranas de alta resistência (HR), HR-95 e/ou HR-98, a pressões de 35-45 bar. As membranas HR-95, HR-98 e CA-990 tiveram características similares quanto ao fluxo de permeado e aos limites de concentração. Quando o suco de maçã foi concentrado a 20° C e 35 bar de pressão, a concentração limite foi de 20° Brix, e a média dos fluxos foi de 8,1 L/h.m² usando membranas HR-98, e 8,8 L/h.m² usando membranas CA-990. Usando as mesmas membranas, operadas a 45 bar de pressão, a média dos fluxos aumentou para 15,4 e 17,9 L/h.m². A concentração de suco de maçã para 25° Brix usando essas mesmas membranas foi obtida a 45 bar de pressão. A membrana de maior porosidade, CA-865, apresentou os maiores fluxos, 22,0 e 26,9 L/h.m² (de 10-20° Brix) e foi possível concentrar o suco de maçã a 25° e 35° Brix sob 35 e 45 bar de pressão transmembrana, respectivamente. Operando a 45 bar, ou seja, acima da pressão de operação recomendada (0-40 bar), não mudou as funções e características das membranas. Fluxos de permeado acima de 15 L/h.m² são considerados economicamente viáveis. Operação a altas temperaturas (45° C), a 40 bar de pressão, usando, alternadamente, membranas HR-95 e HR-98 aumentou o fluxo de permeado de 12,3 para 24,4 L/h.m², mas reduziu a recuperação de aroma em mais de 50%. Pode-se esperar um aumento de 3-4% na capacidade de processo a cada 1° C de aumento na temperatura.

Utilizando-se as membranas CA, a 35 bar de pressão, observou-se maior perda de solutos do que operando a pressões mais altas (45 bar), enquanto o inverso parece ser verdadeiro para membranas HR. Com membranas CA, isso deve ser devido a efeitos de compactação da membrana. A alta pressão cria uma alta compactação da membrana e previne a perda de solutos durante o processo de osmose inversa. Para membranas HR, a compactação da membrana é mínima, e o fluido contendo mais solutos é forçado através da membrana para o lado do permeado através da alta pressão de operação. A retenção de aromas voláteis, usando membranas CA ou HR, a baixas pressões de operação, é menor do que a altas pressões. Isso foi devido ao aumento da pressão osmótica do suco durante o processo de concentração. Assim, a baixas pressões de operação, os aromas voláteis tiveram oportunidade maior de difundir através da membrana para o lado do permeado.

SHEU & WILEY (1984) estudaram a influência da OI na retenção de açúcar na concentração de suco de maçã. Utilizaram sistema piloto de osmose inversa de quadro e placas de escala piloto Lab Module 20 da DDS, com membranas de acetato de celulose (CA) e de alta resistência (HR). Cada membrana foi operada a 35, 40 e 45 bar de pressão e temperatura de operação mantida em 20° C. Na segunda série de experimentos, utilizaram a membrana HR-95 operada a temperaturas de 30, 40, 50 e 60° C, e pressões de 35 e 40 bar.

Na primeira série de experimentos, as membranas HR, que são caracterizadas pela ampla faixa de pH e temperatura que podem suportar, e superior resistência à compactação e estabilidade química, apresentaram uma capacidade de recuperação significativamente maior de sólidos solúveis do que membranas CA.

Na segunda série de experimentos, o fluxo médio de permeado aumentou com o aumento da temperatura de operação. Os dados mostraram que este aumentou cerca de 3-4% a cada aumento de 1° C na temperatura de processo. A recuperação de sólidos, entretanto, começou a diminuir a temperaturas superiores a 40° C. A temperaturas mais

baixas, o fluxo reduzido no fim do processo permitiu a difusão de alguns solutos, pela membrana, para o permeado. Operando a temperaturas superiores a 40° C, pôde-se mudar as características da membrana e aumentar a quantidade de soluto que passou pela membrana.

Com as pressões utilizadas, a temperatura ótima de operação foi de 40° C para se obter a melhor recuperação de soluto. Nos experimentos a 40 bar, comparados aos de 35 bar, houve um grande aumento do fluxo médio, porém uma baixa recuperação de solutos. As condições ótimas de processo foram obtidas com a membrana HR-95, operada a 40° C, sob 40 bar de pressão. Isso resultou em 98% de recuperação e fluxo satisfatório de 16,7 L/h.m². A temperatura de operação e pressão tiveram pouca influência na razão de glucose/frutose e no conteúdo de frutose do suco concentrado. Assim, parece que o suco de maçã não foi alterado pelo processo de OI.

HACKERT & SWIENTEK (1986) reportaram que um sistema de UF pode clarificar 25.000 galões/dia de suco de maçã. Utilizando-se a melhor tecnologia disponível para filtração/clarificação, o processo consiste de 12-14 horas de despectinização, filtração severa com filtro de quadro e placa, e auxiliar de filtração (terra de diatomácea), ciclo de 200 F, filtração final e polimento. O auxiliar, entretanto, deixa um sabor residual no suco e a filtração é um processamento caro que requer trabalho, energia, auxiliar, enzimas e agentes refinadores. Assim, estudou-se a possibilidade de utilizar a UF para isso. Uma batelada de 25.000 galões de suco foi clarificada em cerca de 6 horas. O sistema de UF foi limpo com CIP ("clean-in-place") diariamente. Requerendo cerca de 1 hora e meia, o ciclo de limpeza envolveu enxágue com água potável e circulação de soluções de soda cáustica e ácido clorídrico.

No sistema de UF, aumentou-se o rendimento de suco em cerca de 5-7% e a claridade e qualidade foi melhorada. Antes, a turbidez do suco clarificado estava na faixa de 1-5 e com a UF, a turbidez foi menor do que 1. O tempo de despectinização foi reduzido de 12-14 horas para 1,5 - 2 horas. O uso de enzima foi reduzido à metade, o

filtro de quadro e placa foi eliminado e também o uso de gelatina, como agente refinador. Economizou-se energia devido ao ciclo descontínuo de 200 F. Com o processo convencional, o tempo de filtração era de 24 horas, com a UF (incluindo a despectinização) passou a menos do que 8 horas. Assim, a produtividade foi aumentada, obteve-se menor ocupação de tanques e um menor tempo entre a prensagem de maçã e o engarrafamento do suco final, diminuindo a possibilidade de contaminação microbiana. Antes, a clarificação requeria três pessoas, com o sistema de UF, uma só pessoa pode realizar todo o processo. O tempo de limpeza também foi drasticamente reduzido de 11-12 horas para 1,5 horas.

CHUA *et alii* (1987) estudaram o fluxo e a retenção de aroma por membranas de celulose de acetato e de poliamida, na concentração por OI de suco de maçã. Utilizaram um módulo espiral de OI da Osmonics Inc., com membranas CA-99 (celulose de acetato com 99% de rejeição de NaCl), CA-97 (97% de rejeição de NaCl) e PA-99 (poliamida com 99% de rejeição de NaCl). A temperatura do suco foi a ambiente, variando de 21,1 a 26,7° C. A pressão média através da membrana foi de 476 a 485 KPa. O fluxo de permeado para membranas de acetato de celulose (99% e 97% de rejeição de NaCl) e de poliamida (99% de rejeição de NaCl) decresceu linearmente com o aumento do °Brix do concentrado. Relações lineares também foram observadas entre o °Brix do concentrado e o tempo de operação. Comparando membranas CA-97 e CA-99, a CA-97 apresentou um maior fluxo na concentração. Isso era esperado, já que a membrana CA-97 tem menor rejeição de sal, com maior "tamanho de poro" que permite um fluxo maior. A membrana PA-99 apresentou maior fluxo e taxas de concentração do que a CA-99. Como esperado, o fluxo decresceu com o tempo, devido possivelmente, à pressão osmótica do lado de maior pressão da membrana, ao bloqueio dos poros da membrana pelos solutos e outros materiais macromoleculares, e à compactação da membrana. Praticamente, isso significa que as membranas necessitam ser limpas ou substituídas a intervalos específicos, para manter um fluxo economicamente viável. Foram realizadas análises de cromatografia a gás de amostras da alimentação, do permeado e do concentrado. A membrana PA-99 reteve 45% do total dos compostos voláteis ativos, enquanto que CA-99 reteve 23%. O

mecanismo de OI não é simplesmente um efeito de "peneira", onde as moléculas de tamanho maior do que os poros da membrana podem ser retidas. Esse efeito mecânico de "peneira" é verdadeiro para a UF e não para a OI, onde um processo físico-químico é o mecanismo de separação de solutos. A extensão da separação de solutos depende da porosidade da membrana, natureza do grupo funcional do soluto, e o coeficiente de transferência de massa do soluto no lado de maior pressão da membrana.

RAO *et alii* (1987) clarificaram suco de maçã em módulo de UF de fibra oca da Romicon Inc. Foi utilizada a membrana de polissulfona (PM-50) com peso molecular de corte de 50.000 daltons para avaliação do fluxo, com suco de maçã despectinizado e com pectina, e membrana de poliamida (PA-30) de 30.000 daltons para avaliar as mudanças nos compostos aromáticos voláteis. A pressão transmembrana (TM) foi mantida em 137,9 KPa. O fluxo de suco de maçã aumentou com a pressão TM até atingir o máximo valor de pressão TM de cerca de 140-145 KPa e diminuiu com aumento maior de pressão TM. Os baixos fluxos de suco de maçã em comparação com os da água foram devidos em parte, à alta viscosidade do suco de maçã e em parte ao entupimento da membrana. O entupimento da membrana de UF de suco de maçã despectinizado pode ser atribuído aos sólidos em suspensão que não são removidos pelos filtros, enquanto que o entupimento com o suco de maçã com pectina, é devido aos sólidos em suspensão e as substâncias pécticas. O mecanismo de entupimento de membranas de ultrafiltração durante a clarificação de sucos de frutas parece não estar bem definido. Uma hipótese é que há uma gradual construção de uma camada de sólidos em suspensão nas membranas de UF no caso de suco de maçã despectinizado. No caso de suco com pectina, a camada era composta por sólidos em suspensão e substâncias pécticas. A resistência era devida à construção dessa camada, que era responsável pelos baixos fluxos de suco de maçã comparado com a água. O decréscimo no fluxo, que foi observado após atingir o máximo valor com o aumento da pressão TM, foi provavelmente devido ao colapso de material que entupiu os poros da membrana. Com relação aos compostos aromáticos voláteis, as perdas na UF foram devidas, provavelmente, à absorção de voláteis na superfície da membrana de UF, assim como à vaporização através da recirculação do retentado por 30

minutos, antes da amostragem. A retenção de voláteis no permeado da membrana PA-30 foi maior do que de PM-50.

AMAR *et alii* (1990) estudaram a clarificação de suco de maçã usando membranas minerais, de cerâmica (Ceraflo) e de carbono (Carbone Lorraine). Ambas as membranas geraram fluxo de permeado de 110-120 L/h.m² com velocidade de 3 m/s e pressão transmembrana de 3,5 bar. O fluxo de permeado caiu rapidamente nos primeiros 30 minutos e a partir daí permanece estável. Quando a pressão transmembrana foi aumentada progressivamente de 1,4 a 3,5 bar, o fluxo de permeado foi menor, entre 80 e 60 L/h.m², do que quando a pressão transmembrana de 3,5 bar foi aplicada diretamente no começo. O fluxo de permeado aumentou com o aumento da velocidade de alimentação. À pressão de 3,5 bar com uma velocidade de alimentação de 3 m/s, o fluxo de permeado ficou estável depois de 40 minutos de clarificação, 100 L/h.m², enquanto a 4,5 m/s, o fluxo de permeado diminuiu nos primeiros 80 minutos e, então, estabilizou em 150 L/h.m². O fluxo de permeado aumentou cerca de 3% para cada °C de aumento na temperatura. Os valores ótimos de fluxos de permeado de suco de maçã foram obtidos a 50-55° C, pressão transmembrana de 3-3,5 bar e velocidade tangencial de 4-4,5 m/s.

Devido ao decréscimo do fluxo de permeado decorrente do entupimento da membrana, é vantajoso um procedimento que, por uma ação mecânica do fluido, permita a limpeza parcial da membrana e o restabelecimento do fluxo de permeado inicial. Assim, a retrolavagem no permeado pode remover partículas depositadas nos poros e também na superfície. O fluxo aumentou com a retrolavagem e se manteve assim até 3 horas, mas, após operação prolongada, o fluxo de permeado caiu um pouco apesar da retrolavagem regular. Talvez isso seja devido aos poros estarem entupidos com partículas finas que não podem ser deslocadas após retrolavagem. O sistema de impor pulsações na entrada do fluxo também foi testado para controlar o entupimento da membrana, através do aumento da transferência de massa e redução da formação da camada de polarização da concentração perto da superfície da membrana. Usando pulsações, o fluxo de permeado aumentou cerca de 70%, de 200 para 250 L/h.m², por 200 minutos, com as

membranas Ceraflo, e de 175 para 225 L/h.m², por 100 minutos, com as membranas da Carbone Lorraine. Isso significou um aumento de 25-30% no fluxo de permeado.

CHOU *et alii* (1991) estudaram a OI e a retenção de aroma na concentração de suco de maçã. Utilizaram módulos com quadro e placas (PF) da DDS e espiral (SW) da UOP Fluid Systems, Allied-Signal, Inc., e membranas de poliéter-uréia de filme composto fino (PEU), compostas por filme composto e uma nova geração de poliamida (PA). O suco de maçã de 10^º Brix foi concentrado a 20^º Brix. O equipamento foi operado a 35, 43 e 50 bar, para cada configuração e cada tipo de membranas. Cada pressão foi estudada a 20, 30 e 40^º C. O fluxo foi bem maior com a configuração SW e o tempo para atingir 20^º Brix do retentado foi muito maior para o sistema de PF. A membrana de poliamida mostrou reter mais os compostos aromáticos do suco de maçã. Um aumento na temperatura de processo tendeu a aumentar a taxa de permeação de compostos aromáticos. Os dados sugeriram que a permeação de compostos aromáticos de baixos pesos moleculares não foi substancialmente influenciada pela pressão de processo, porém, compostos de maior peso molecular tiveram uma resistência maior a permeação e assim tiveram a taxa de permeação influenciada pela pressão. Aumentar a pressão resultou em maior fluxo, o que reduziu o tempo de processo. Conseqüentemente, o retentado mostrou ter menores perdas de compostos aromáticos, atribuídas à volatilização e adesão à membrana. Um aumento na temperatura de processo diminuiu a retenção de aromas.

MAIER *et alii* (1994) discutiram sobre processos inovadores para produção de suco de maçã ultrafiltrado e concentrado. O novo processo com pré-tratamento com PFO oferece perspectivas à produção de sucos com cor padrão estável e sem agentes refinadores, como gelatina e bentonita. Nesse método, a oxidação enzimática é promovida com oxigênio em excesso para oxidar fenóis. Os compostos fenólicos polimerizados são parcialmente ligados ao bagaço e separados na operação de pressão. Os complexos retidos no suco são removidos posteriormente por uma efetiva UF. Assim é produzido um suco estável e baixo em cor. Um segundo efeito positivo é a possível descoloração. Pelo tratamento com PFO e subsequente UF, componentes de cor marrom

podem ser removidos. Esse processo requer menos tempo e possibilita menos perdas e desperdícios.

MEDINA & GARCIA (1988) concentraram suco de laranja por OI. Utilizaram um sistema espiral da Osmonics Inc., com membranas de poliamida. O fluxo de permeado em membranas de OI aumentou com a temperatura operacional, favorecendo a escolha de alta temperatura. Entretanto, um gel de mistura de pectina e celulose precipitou na superfície das membranas à temperatura de 40^o C, e à 45^o C a retenção de compostos aromáticos foi reduzida a 50%. Houve prevenção da formação da camada de entupimento de pectina no suco tratado com enzima (Pectinol 80SB, Genecor) e aumento da pressão osmótica devido à solubilização da pectina à oligogalacturonatos. Para sucos sem tratamento enzimático, houve uma considerável perda de compostos aromáticos, provavelmente devido à indução da camada de pectina e celulose na superfície da membrana. Para o suco tratado enzimaticamente, a recuperação de solutos foi altamente aceitável, quando comparado com a perda total de compostos voláteis, durante as altas temperaturas do processo de concentração. O fluxo de permeado, para pressão transmembrana de 621 KPa, foi 18% acima do limite economicamente praticável para processos de OI, estabelecido para suco de maçã por SHEU e WILEY (1983), que é de 15 L/h.m². A recuperação total de solutos para compostos aromáticos voláteis, ácidos e açúcares foi considerada aceitável. Devido à rejeição não ser igual para açúcares e ácidos orgânicos, a razão °Brix/acidez aumentou, tornando a doçura mais perceptível. A solubilização controlada de pectina por adição de enzimas pectinolíticas foi importante na prevenção de entupimento da membrana e permitiu os procedimentos de "limpeza no local" (CIP). A concentração por OI poderia ser estabelecida como a primeira etapa para produzir concentrados congelados de alta qualidade.

KÖSEOGLU *et alii* (1990) pesquisaram o uso de membranas no processamento de suco de citros. O processo de UF foi conduzido em um módulo da Romicon Inc., com membranas de fibra oca de 100.000 e 50.000 daltons. A pressão utilizada foi de 172 KPa e a taxa de fluxo de 64 L/min. A seguir, o permeado da UF foi concentrado em um sistema

de OI tubular. A membrana utilizada foi a com 99% de rejeição a NaCl. O permeado foi concentrado a pressões acima de 4.826 KPa. A temperatura da alimentação foi mantida abaixo de 34° C por circulação de água fria. Água destilada ou deionizada foi adicionada ao suco de laranja antes da UF para diluí-lo à metade do conteúdo de sólidos totais e também foi realizado o processo sem diluição. A membrana de 100.000 daltons foi usada quando água foi adicionada e de 50.000 sem adição de água. O retentado da UF não atingiu alta concentração de sólidos, mas o retentado da OI foi concentrado a 20,95% de sólidos. Com a membrana de 100.000 daltons, processou-se um suco diluído com um maior fluxo (taxa de permeação) porque a concentração de sólidos era menor. Esse fluxo foi obtido a uma temperatura, 23° C, menor do que a requerida, já que o processamento poderia ser mantido a 35° C sem perda de aromas voláteis. Uma temperatura maior aumentaria o fluxo através da membrana. O fluxo para o suco de pomelo com a membrana de 50.000 foi mais representativo do que para o processamento de suco de laranja. Nenhum teste positivo foi obtido para atividade de pectinesterase do permeado e retentado da UF, da polpa do trocador de calor e do suco reconstituído. O suco foi mantido a uma temperatura baixa, assim, os açúcares e aminoácidos, que poderiam provocar uma reação de escurecimento e desenvolvimento de sabor residual quando aquecidos, ficaram inibidos. Quando o suco de laranja foi processado por membrana com adição de água ocorrendo antes ou durante a diafiltração, o fluxo através da membrana foi aumentado e o pH do suco reconstituído pôde ser controlado ao nível desejado. Suco de laranja ou de pomelo, menos ácido, pôde ser produzido pela passagem de uma fração do retentado da OI por uma coluna de troca iônica. O retentado da OI não continha polpa que pudesse ser aderida na coluna.

CHAMCHONG & NOOMHORM (1991) estudaram o efeito do pH e do tratamento enzimático na microfiltração e UF de suco de tangerina. O suco de tangerina foi clarificado por microfiltração e UF usando membranas planas de polissulfona com peso molecular de corte nominal de 25.000, 50.000 e 100.000 daltons e 0,1 µm e 0,2 µm. O suco foi pré-tratado com poligalacturonase e ajustado o pH. O suco tratado foi clarificado em uma unidade de filtração laboratorial, com área de 14 cm². A dosagem da enzima

poligalacturonase (Pectinex Ultra SP-L da Novo) apropriada para o suco de tangerina integral, foi de 130 ppm a pH 3,5-4 e tempo de reação de 3 horas. Com todas as membranas, houve uma rápida queda de fluxo no início, durante os primeiros 60 minutos, seguido de fluxos relativamente estáveis. A membrana de poro de tamanho de 0,1 μm deu o maior fluxo. A qualidade do permeado (% de transmitância) melhorou com o tempo de filtração para todas as membranas. A média de fluxo a pressões transmembrana de 93, 137 e 194 KPa foi de 48, 59 e 66 L/h.m², respectivamente. Teoricamente, um maior aumento na pressão transmembrana deveria resultar em fluxo maior. Entretanto, após um nível crítico de pressão transmembrana, o fluxo de permeado foi independente da pressão, devido à polarização da concentração de macromoléculas na superfície da membrana. O fluxo da UF pode ser limitado pela pressão osmótica em adição à formação da camada de gel, dependendo da natureza do soluto e das condições de operação. A mais alta velocidade (3,5 m/s) resultou em maior fluxo. Após 2,5 horas de filtração, o fluxo era de 72 L/m².h a 3,5 m/s de velocidade, 46 L/m².h a 2,2. m/s e 35 L/m².h a 0,9 m/s. A velocidade de fluxo maior retarda a formação de camada de entupimento na superfície da membrana, porém diminui a qualidade do permeado. A resistência da membrana foi inversamente proporcional ao tamanho do poro da membrana. A resistência hidráulica foi inversamente proporcional à pressão transmembrana e à velocidade de fluxo.

CAPANNELLI *et alii* (1992) estudaram a UF de suco de laranja e de limão. Utilizaram pressões na faixa de 50 a 400 kPa, temperatura da alimentação de 20 a 40^o C e velocidades na superfície da membrana que variam de 0,5 a 12 m/s. As membranas de UF foram de polissulfona (PSF) e fluoreto de polivinilidene (PVDF), nas configurações de fibra-oca (Romicon, Inc.), quadro e placas (WR Grace & Co) e tubular (Abcor, Inc.; Separem, SPA e Kalle AG). As membranas de microfiltração foram de cerâmica de α -alumina, tamanho de poro de 0,5 a 0,8 μm e na configuração tubular ou multitubular. Em geral os fluxos de permeado estavam na faixa de 10 a 60 L/m².h e foram independentes do tipo de membrana. A polpa foi totalmente removida com 90% de pectina. Os óleos essenciais também foram completamente removidos e isso melhorou o aroma do suco. O

Brix um pouco menor do permeado foi devido à remoção de pectina, já que os açúcares passaram pela membrana. O conteúdo de vitamina C ficou inalterado.

O fato de que membranas com diferentes composições químicas, peso molecular de corte e porosidade mostraram comportamento muito similar durante a UF de suco de citros foi o resultado mais significativo desse estudo. Uma explicação pode ser obtida examinando-se os micrógrafos SEM das membranas usadas, que mostram um depósito fibroso na superfície da membrana. Depósitos similares foram observadas nas outras membranas usadas. Acredita-se que esse depósito é responsável pela UF de suco de citros e que a membrana está agindo como um suporte para essa camada. Isso explica porque os resultados foram quase independentes do tipo da membrana ou do peso molecular de corte. A formação de depósito parece ser um fenômeno dinâmico porque alcança uma espessura limite que depende do tipo de alimentação e condições de trabalho. A formação de depósito não parece envolver nenhuma interação específica com a membrana, já que o procedimento de limpeza foi suficiente para restaurar o fluxo com água pura ao seu valor inicial.

HERNANDEZ *et alii* (1992) estudaram o efeito da UF de suco de laranja para sólidos em suspensão no permeado e retentado, tais como conteúdo de pectina, sólidos solúveis e viscosidade, usando um sistema piloto de UF de fibra oca da Romicon, Inc., com membranas de polissulfona de 50.000 daltons. O sistema foi operado a 15 psig de pressão transmembrana e 25^o C. Os sólidos em suspensão do suco de laranja recém-espremido foram completamente removidos pela UF. O soro resultante foi um líquido transparente de cor âmbar. Grande parte da pectina do suco fresco foi removida. Apesar do peso molecular da pectina do suco de laranja ser menor do que 20.000 daltons, foi aparente que as membranas de UF são capazes de retê-la devido à associação de pectina com protopectina e material celulósico do suco. O efeito de polarização da concentração nas membranas do sistema de UF pode permitir a remoção de sólidos em suspensão de pesos moleculares menores do que o peso molecular de corte da membrana. A camada de gel formada nas paredes da fibra oca pode agir como auxiliar,

assim reduzindo o tamanho efetivo do poro da membrana. Nenhuma atividade de pectina metilesterase (PME) foi detectada no permeado. Apesar do peso molecular dessa enzima ser 24.100-27.500 daltons (EVANS & Mc HALE, 1978), a PME no suco de laranja deve estar geralmente associada com sólidos em suspensão e é uma enzima de estrutura de ligação insolúvel, assim permanecendo no retentado durante a UF.

A viscosidade do soro concentrado foi apreciavelmente menor do que a do suco fresco concentrado. Isso já era esperado, já que previamente foi reportado que os sólidos em suspensão contribuem muito para a viscosidade do suco, particularmente em altas concentrações. Essa redução da viscosidade permitiu que o evaporador TASTE concentrasse permeado de suco de laranja a altos Brix, como 55-58^o Brix para o suco sem tratamento e 72-75^o Brix para o soro, nas mesmas condições de temperatura e taxas de fluxo no evaporador.

KIRK *et alii* (1983) clarificaram o suco de pera por um sistema de UF de fibra oca da Romicon, Inc., com membranas de 50.000 (PM-50), 30.000 (PM-30) e 10.000 (PM-10) daltons. Utilizaram 4 diferentes temperaturas: 30, 40, 50 e 60^o C e diferentes pressões transmembrana. Todas as membranas produziram um suco claro e de cor âmbar. O fluxo de permeado aumentou inicialmente com aplicação da pressão transmembrana e depois decresceu com o aumento contínuo dessa. O ponto em que o fluxo foi máximo foi obtido à pressão transmembrana ótima e ocorreu em 157 KPa ($P_{in} = 175$ KPa e $P_{ext} = 138$ KPa) para todas as 3 membranas. A pressão transmembrana ótima não foi aparentemente influenciada pela taxa de fluxo e também não mudou quando a corrente de alimentação tornou-se mais concentrada. Isso sugere que a pressão transmembrana ótima não necessita ser ajustada para manter um fluxo máximo durante a pressão de operação. Quando o permeado foi coletado e não retornado à corrente do sistema de batelada, a corrente de alimentação tornou-se mais concentrada. Esse aumento na concentração reduziu enormemente o fluxo de permeado. Este diminuiu linearmente com o logaritmo da concentração. O tamanho do poro das membranas entre 50.000 - 10.000 daltons teve pouca influência na cor do suco permeado e nos parâmetros ótimos de processo. Esses

parâmetros ótimos para o máximo fluxo de permeado, foram encontrados como sendo à pressão transmembrana de 157 KPa e uma velocidade média da corrente de 0,15 m/s quando à temperatura de 50° C. Uma possível explicação para a redução do fluxo de permeado, com o aumento da pressão transmembrana acima da ótima, é a formação da camada de gel de entupimento. Quando essa camada de gel, formada por pectina e amido, é comprimida, ligações entre unidades de ácidos galacturônicos poder-se-iam colapsar e a rede de cadeias formada poderia fechar a membrana. Parece que a camada de gel de pectina e de amido é elástica como foi evidenciado pela restauração parcial do fluxo sob diminuição gradual da pressão transmembrana.

PAULSON *et alii* (1985) reportaram que suco de pera foi concentrado a mais de 20° Brix com SEPA-97 (acetato de celulose - AC) por membrana de OI. Um sabor um pouco amargo foi percebido na corrente de permeado, indicando a passagem de "off-flavour" através da membrana que poderia ser benéfico para a qualidade do produto final. Suco de laranja recém-extraído foi concentrado de 11,75 a 23° Brix e não foram detectados nem açúcares e nem aroma na corrente de permeado. Foi testado um processo para produção de um suco de maçã "light" com membrana SEPA-50 (AC), com o tamanho do poro entre OI e UF, e conseguiu-se produzir um permeado com Brix entre 3,3 a 4,5° de um suco com 11,2° Brix. O permeado continha características reduzidas de aroma e sabor, mas o baixo teor de açúcar permitiu a produção de um produto "light". Sistemas de membrana também podem ser usadas para remoção de pectina e aplicações de recuperação. A remoção da pectina de suco de maçã por processo de membrana pode eliminar a necessidade de adição de enzimas e o tratamento térmico requerido para desativá-las.

YU *et alii* (1986) pesquisaram a retenção de compostos do suco de maracujá por UF. Utilizaram um módulo tubular de laboratório de UF da Paterson Candy International Ltd, com membranas BX6 de 25.000 daltons. Os processos de UF foram operados a uma velocidade de alimentação de 30 L/min a 20° C e pressão de 12 bar. Houve separação de 2 camadas do suco de maracujá quando o suco permaneceu no refrigerador por 1 ou 2 dias. Quando as 2 fases foram cuidadosamente separadas, foi descoberto que a fase

densa possuía aroma forte de maracujá, por haver mais componentes voláteis nela. Assim, muitos dos componentes voláteis do aroma foram retidos pela membrana de UF. Teoricamente, as moléculas dos componentes voláteis são muito pequenas para serem retidos pela membrana de UF. O fato de isto acontecer foi devido à sua associação com moléculas maiores do suco. Assim é possível utilizar esse procedimento para recuperação dos compostos aromáticos. O permeado pode então ser concentrado por outros meios, como evaporação, com melhor eficiência. O retentado da UF, que teria maior aroma, poderia ser readicionado ao permeado concentrado para obter um suco concentrado.

CHIANG & YU (1987) analisaram o entupimento e restauração do fluxo da UF de suco de maracujá. Utilizaram um sistema tubular de UF, de escala laboratorial, da Paterson Candy International Ltd, a 20° C e 12 bar de pressão de operação com membranas BX6 de 25.000 daltons. O fato de que a rinsagem da membrana com água pura não restaurou o fluxo, indicou que houve baixa solubilidade do depósito com a água. Por outro lado, uma solução de 0,1% de NaOH foi capaz de reduzir a resistência do depósito e restaurar o fluxo. Já que os açúcares são hidrossolúveis na forma pura mas são capazes de formar géis com pectina e ácido, é conhecido de que estes formam um gel pouco solúvel em água na membrana. A formação desse gel pode ser atribuída à polarização da concentração. Durante o processo de UF, uma camada concentrada foi formada perto da superfície da membrana, onde a concentração de soluto era muito maior do que a concentração do meio. As macromoléculas, como pectina, hemicelulose e celulose, retidas pela membrana, portanto, interagiram com açúcares e ácido cítrico para formarem um gel de pouca solubilidade em água, que causou o entupimento da membrana e reduziu a taxa de permeação.

O fluxo de permeado decresce continuamente com o tempo de operação. Entretanto, a operação de liga-desliga a cada hora durante o processo pode restaurar o fluxo. Uma possível explicação para isso é que quando o sistema de UF é parado, um súbito alívio da pressão na camada de gel pode provocar a dissociação de parte do

material de entupimento da membrana. Seguindo a operação liga-desliga, a onda do fluxo poderia dar uma descarga e retirar o material de entupimento, assim retirando parte da resistência e aumentando o fluxo. Com o passar do tempo de operação, a camada de gel acumulada na membrana, que estava sob efeito de pressão, torna-se mais compacta. Portanto a efetividade da operação de liga-desliga na dispersão do material de entupimento é reduzida. Mas acredita-se que aumentando a frequência da operação pode melhorar o efeito da restauração do fluxo durante o processo de concentração.

WILSON & BURNS (1983) estudaram o processamento de suco de kiwi usando UF. Utilizaram o módulo Romicon de fibra oca com membranas PM 10 de 10.000 daltons e XM 50 de 50.000 daltons. O fluxo inicial de permeado para suco de kiwi usando PM 10 foi de 15,6 L/m².h, enquanto que o obtido para XM 50 foi somente um pouco maior, 18,4 L/m².h. O fluxo de permeado decresceu linearmente com o logaritmo do fator de concentração do volume (Fc). O decréscimo do fluxo está relacionado com o aumento da concentração de pectina e outras macromoléculas como proteínas e polifenóis no retentado, que causa um aumento na camada de gel ao lado da membrana. A taxa de diminuição do fluxo de permeado com o aumento do Fc foi similar para ambas as membranas. A UF de suco de kiwi produzido sem tratamento enzimático deu um fluxo inicial de permeado de 12,7 L/m².h, que foi bem menor do que o fluxo de permeado de 18,8 L/m².h obtido do suco tratado com enzima, usando membrana XM 50. A diferença entre os fluxos de permeado está provavelmente relacionada à diferença na viscosidade entre os 2 sucos. Os sucos ultrafiltrados com membrana PM 10 e XM 50 tiveram a mesma quantidade de sólidos solúveis (14,5^o Brix), pH (3,15) e acidez (1,5%). Um subproduto da ultrafiltração poderia ser a enzima actinidina obtida satisfatoriamente pela recuperação do retentado.

BOWDEN *et alii* (1989) reportaram a concentração de suco de abacaxi por OI. Este estudo indicou que o suco de abacaxi foi concentrado por OI a um teor de sólidos solúveis acima de 250 g/kg, à pressão de 6.000 KPa, 40^o C e velocidade de fluxo de 3

m/s, com boa qualidade de retenção. As perdas de componentes solúveis no permeado foram pequenas e o aroma do suco reconstituído era similar ao suco fresco.

OBERMEYER *et alii* (1993) realizaram estudos para demonstrar que as camadas de depósito (por exemplo depósitos proteicos formados durante a ultrafiltração de soro) formadas nas membranas poderiam aumentar o comportamento de retenções das membranas. Os experimentos foram realizados para membranas de OI e UF. Os resultados mostraram que a camada de depósito reduziu a permeação de compostos dissolvidos, aumentou a qualidade da água permeada e a retenção de aroma. Isso pode ser vantajoso na concentração de produtos como suco de frutas, vinhos, café e chá; já que reduziria a perda de compostos voláteis.

PORRETTA *et alii* (1992) estudaram o uso da UF para preparar uma polpa de tomate melhorada. Utilizaram um sistema de UF da Paterson Candy International Ltd, com membranas de fluoreto de polivinilideno de 100.000 daltons e taxa de permeação de 8 L/min (água) para produzir sucos reduzidos em volume de 20 e 37%. O conteúdo de açúcar foi significativamente reduzido por UF em polpa obtida pelo processo "hot break" mas não em polpa "cold break", mas surpreendentemente não houve diferenças significativas na percepção da doçura. A acidez total, que normalmente aumenta no processo devido aos álcoois e aldeídos estarem oxidados e aos aminoácidos estarem livres, foi significativamente reduzida em todas as polpas e a redução foi menor para a polpa "cold break", embora uma pequena parte da acidez que é volátil, tivesse aumentado. Essas mudanças foram provavelmente causadas por uma menor oxidação e perda de voláteis no tratamento por UF do que por concentração à vácuo. A acidez percebida sensorialmente foi significativamente melhor nas polpas ultrafiltradas do que nos controles. O sabor de tomate fresco ou característica de aroma não mostrou ter sofrido alteração com a UF tanto para polpa "hot" como "cold break". Os sólidos totais no peso drenado foram muito menores nas polpas ultrafiltradas do que nos controles. Geralmente, a polpa concentrada é usada somente para prevenir sinérese e para obter maior consistência. O uso de polpas ultrafiltradas poderia ter uma vantagem econômica,

já que o soro removido poderia ser misturado com suco integral em proporções corretas para produção de pasta. O problema de frequente entupimento da membrana é superado usando-se membranas de 100.000 daltons de peso molecular de corte.

YILDIZ *et alii* (1993) compararam os processos de OI e evaporação nas características de qualidade de concentrados de tomate. Utilizaram membranas de acetato de celulose Daicel Chemical Industries Ltd, para OI em configuração tubular com pressão de 60 bar e 35° C de temperatura. A comparação dos resultados com padrões de identidade dos produtos de tomate indicaram que o processo de OI pode produzir produtos concentrados de tomate similares ou melhores do que os produtos obtidos por evaporação tradicional. Os valores baixos de pectina hidrossolúvel e proteína podem indicar que interações pectina-proteína podem estar envolvidas no entupimento da membrana e na consistência de produtos de tomate de OI. Os altos valores de ácido ascórbico mostraram ser devido ao baixo tratamento térmico e tempos de processo mais curtos nas amostras de OI. A formação de complexo pectina-Ca pode explicar seus altos valores em concentrados de OI. Os valores L, a e B de Hunter indicaram que a retenção e estabilidade de pigmentos carotenóides foi maior no processo de OI. Esse processo resultou no decréscimo da consistência do concentrado de tomate e na maior capacidade de retenção de água. Também pode ter o efeito de homogeneização no produto, que reduz a tendência de separação do soro nos produtos de tomate.

KÖSEOGLU *et alii* (1991) reportaram a produção de suco de tomate com rendimento de 79,8% de peso por membranas de UF. Obtiveram taxa de permeação de 538,6 L/m² dia. O permeado da UF continha compostos aromáticos e sabor como de tomates frescos. Em um outro experimento à parte, permeado da UF contendo 3,2% de sólidos totais foi concentrado a 15,5% por OI (295,7 L/m² dia). Entretanto, as membranas mais modernas de OI podem concentrar o permeado da UF a mais de 60° Brix, produzindo assim concentrado sem passar pelo processo de evaporação.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Toda a parte experimental deste trabalho foi desenvolvido no Rio de Janeiro - RJ, na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos (CTAA), nas Áreas de Engenharia e de Controle de Qualidade de Alimentos.

3.1. Matéria-prima

O suco foi produzido a partir de banana nanica (d'água) em estágio de maturação nos padrões 6, 7 e 8 da United Brands Company, adquiridas nas Centrais de Abastecimento (CEASA) do Rio de Janeiro.

Tabela 3.1 - Graus de maturação da banana de acordo com a United Brands Company

Grau de maturação	cor
1	verde
2	verde com um traço de amarelo
3	mais verde do que amarelo
4	mais amarelo do que verde
5	amarelo com extremidades verdes
6	completamente amarelo
7	amarelo com manchas pretas
8	amarelo extensivamente manchada de preto

Fonte: GOUS, 1987

Foi escolhida essa faixa de estágio de maturação porque o rendimento do suco é maior com frutas mais maduras (VÍQUEZ *et alii*, 1981) e pelo fato de que bananas verdes, apesar de possuírem alto potencial de conteúdo de açúcar devido à conversão de amido em glicose e dextrinas, são impraticáveis ao processamento devido à inibição de enzimas

comerciais por polifenóis, pela adstringência advinda de taninos condensados e pela dificuldade em se descascar estas bananas verdes (GOUS *et alii*, 1987).

3.2. Solução de inibição da polifenol oxidase

Para evitar o escurecimento enzimático da banana por polifenol oxidase, optou-se pelo uso de ácido ascórbico e metabissulfito de sódio, citados como os melhores inibidores dessa enzima em vários trabalhos, e porque essa combinação aumenta a inibição (MARKAKIS & EMBS, 1966 e ALMEIDA & NOGUEIRA, 1995). Estudou-se as concentrações mínimas necessárias de ambos inibidores que possibilitassem a inibição da PFO, sem causar sua inativação, já que altas concentrações de metabissulfito de sódio podem inativar a enzima (VALERO, 1992 e SAYAVEDRA-SOTO & MONTGOMERY, 1986) e também deixar um sabor residual desagradável. O objetivo não foi inativar a polifenol oxidase, já que ela seria retida na etapa de ultrafiltração. Também pensou-se na utilização de ácido cítrico para inibir a polifenol oxidase (IYENGAR & McEVILY, 1992), mas por alguns testes preliminares foi constatado que confere sabor muito ácido à banana, quando usado na mesma concentração de ácido ascórbico, não ocorrendo com o uso deste.

Foram realizados testes com várias concentrações de metabissulfito de sódio e ácido ascórbico. Nestes testes, os pedaços de banana foram submersos na solução com os inibidores por 10 minutos, e o suco obtido foi deixado por várias horas à temperatura ambiente para verificar se haveria ou não escurecimento enzimático.

O suco de banana utilizado para testar as concentrações das soluções com metabissulfito de sódio e ácido ascórbico foi obtido da seguinte forma:

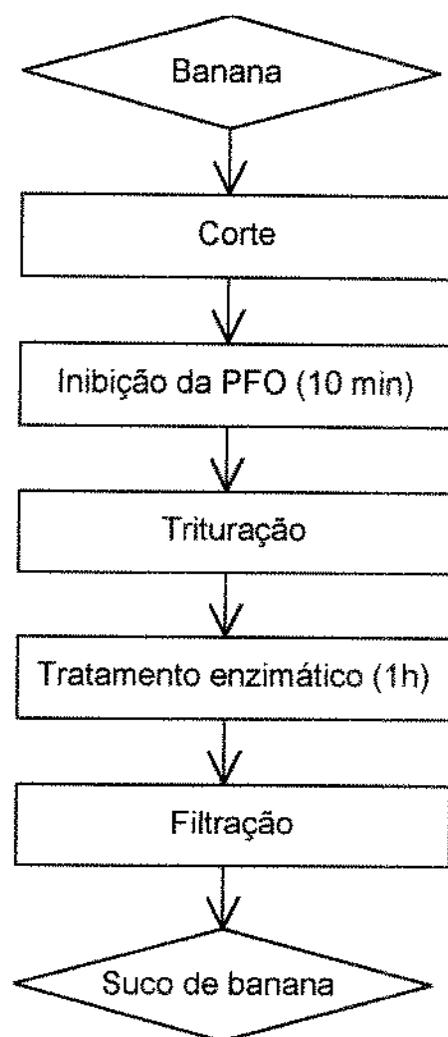


Figura 3.1. - Fluxograma do preparo do suco de banana para análise das concentrações de solução para inibição da polifenol oxidase

Após isso, o suco era analisado qualitativamente quanto à presença ou ausência de enzima polifenol oxidase ativa pelo seguinte método:

- 1 ml de tampão fosfato pH 6,0
- 2 ml de solução de piro-catecol 0,1 M
- 0,1 ml de suco

A presença de enzima polifenol oxidase era constatada pelo aparecimento da cor amarela em comparação com uma solução de branco, sem a adição de suco de banana. Assim, a ausência de enzima polifenol oxidase era constatada pela ausência de coloração.

3.3. Processamento-teste

Este processamento foi realizado em 2 etapas, para verificar o tipo de centrífuga que melhor clarifica o suco de banana, proporcionando um teor de sólidos adequado para uso na ultrafiltração, a viabilidade do uso da ultrafiltração para retenção da polifenol oxidase e a máxima concentração que poderia ser obtida pelo uso da osmose inversa para o permeado da ultrafiltração. Estas etapas foram:

Etapa 1 - obtenção da polpa, que foi congelada para ser utilizada posteriormente.

Etapa 2 - utilizou-se a polpa congelada da etapa 1 para testar a centrifugação em centrífuga de disco LAPX 202 da Alfa-Laval a 8.000 rpm, centrífuga de disco Westfalia (SA 1-02-175) a 9740 rpm, centrífuga de laboratório RC-3B da Sorvall a 3.000 rpm por 10 minutos e centrífuga de cesto, e depois realizar a ultrafiltração e osmose inversa.

Com os permeados da ultrafiltração fez-se sempre o teste qualitativo para polifenol oxidase.

3.4. Produção de suco de banana clarificado concentrado isento de polifenol oxidase

O suco de banana foi produzido de acordo com o seguinte fluxograma:

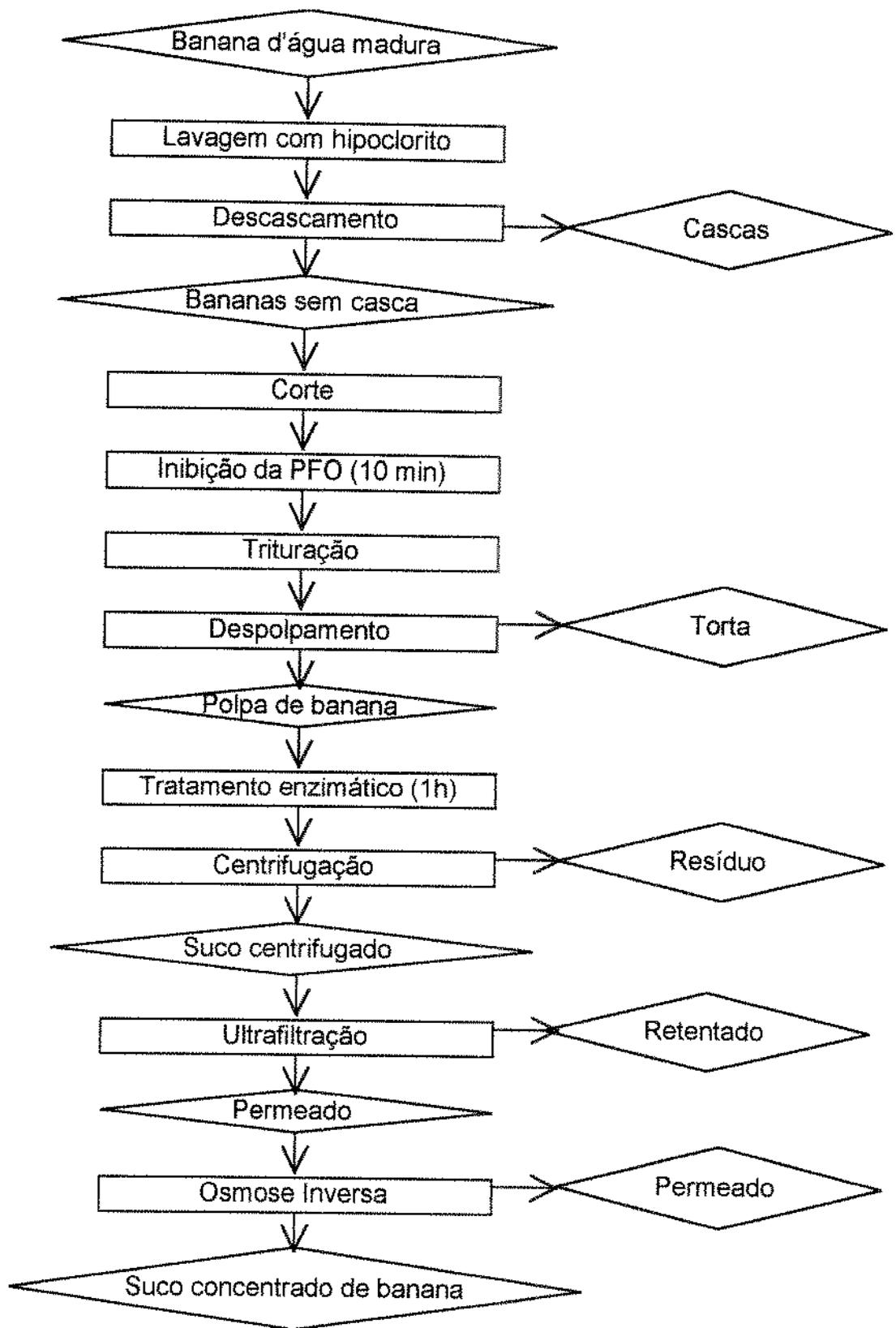


Figura 3.2 - Fluxograma completo da produção de suco concentrado de banana

Foi realizada uma lavagem inicial das bananas ainda com cascas com hipoclorito para sanificação superficial da banana.

Para a inibição da enzima polifenol oxidase e assim, do escurecimento enzimático da banana, foi realizada uma imersão dos pedaços de banana em solução formada pela combinação de 0,15% de metabissulfito de sódio e 1% de ácido ascórbico, sendo este o melhor tratamento determinado nos testes preliminares de inibição enzimática. Esta imersão foi de 10 minutos, tempo necessário para que a solução penetrasse na banana e ocorresse a inibição da PFO, e foi realizado à temperatura ambiente.

A enzima utilizada para a redução da viscosidade da polpa, a fim de obter uma maior extração de suco, foi a enzima pectinase comercial Pectinex Ultra SP-L, da Novo Nordisk Bioindustrial do Brasil Ltda, já que esta foi a enzima reportada como a que permite um maior rendimento de suco (GOUS *et alii*, 1987, SREENATH, 1991 e PHEANTAVEERAT & ANPRUNG, 1993).

O tratamento enzimático com 0,05% de enzima comercial Pectinex Ultra SP-L (SREENATH, 1991 e PHEANTAVEERAT & ANPRUNG, 1993) foi realizado em tacho tampado com agitação, sem aquecimento (ou seja, à temperatura ambiente), por 1 hora ; tempo e temperatura necessários para obter a maior atividade da enzima, reduzindo a viscosidade da polpa de banana e obtendo maiores rendimentos de suco.

Após o tratamento enzimático, a polpa de banana foi congelada para continuar o processo posteriormente. Assim pôde-se estudar melhor as etapas de ultrafiltração e osmose inversa.

A polpa de banana descongelada foi centrifugada em centrífuga Westfalia Separator tipo SA 1-02-175 a 9.740 rpm no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) em Vassouras, RJ.

3.5. Ultrafiltração

A ultrafiltração foi realizada em módulo Lab Unit M-20 da DDS (De Danske Sukkerfabrikker) com configuração de quadro e placas, com membranas de polissulfona de peso molecular de corte de 20.000 daltons (GR 61 PP), cuja área total é de 0,72 m².

O volume de suco alimentado em cada batelada foi de 8 litros e as pressões transmembrana estudadas foram de 6 e 8 bar, realizando-se 3 repetições para cada pressão, num total de 6 experimentos. Pressão transmembrana é definida como a diferença de pressão a jusante (média entre a pressão de entrada e de saída) e a montante (pressão atmosférica). Denominou-se de UF 1 aos experimentos à 6 bar e UF 2 aos experimentos à 8 bar. Os experimentos foram realizados à temperatura ambiente, variando de 25 a 30^o C. Mediu-se o tempo (em cronômetro) a cada 500 ml de permeado recolhido e o retentado foi mantido sempre em recirculação. O término do processo de UF foi determinado quando o fluxo de permeado atingiu valores baixos e isso se deu com cerca de 6.000 ml de permeado recolhido.

Anteriormente à cada experimento, mediu-se a vazão de água e o experimento com o suco só era realizado se esta vazão era a mesma para cada repetição, o que garantia a eficiência do procedimento de limpeza e a reprodutibilidade dos resultados. Ao final de cada experimento, procedeu-se a lavagem do módulo com água por 30 minutos, solução de NaOH 1% por 30 minutos, água por 30 minutos, solução de ácido fosfórico 1% por 30 minutos e água por 30 minutos.

Também após cada experimento foram feitos o teste qualitativo para presença ou ausência da enzima polifenol oxidase, determinação de açúcares redutores e totais, acidez e sólidos totais para as três correntes de fluxo em estudo: suco de alimentação, permeado e retentado da UF.

O fluxo de permeado (J) foi calculado pela fórmula:

$J = V / A.T$, onde V = Volume de permeado, A = Área e T = Tempo

E o fator de concentração (Fc) foi calculado por:

$F_c = V_i / (V_i - V)$, onde V_i = Volume inicial de suco de alimentação e V = Volume de permeado

3.6. Osmose Inversa

A osmose inversa foi realizada em módulo Lab Unit M-20 da DDS, o mesmo da ultrafiltração, que pode ser convertido tanto em módulo para ultrafiltração como para osmose inversa com a troca das membranas, da mola da válvula de saída do concentrado e dos manômetros. Foram utilizadas membranas de filme composto com menos de 5% de permeabilidade ao NaCl (HR-95).

O volume de permeado alimentado em cada batelada foi de 3 litros e as pressões transmembrana estudadas foram de 40 e 60 bar com 3 repetições para cada pressão e isso realizado para cada estudo da ultrafiltração, ou seja para o processo à 6 bar e o de 8 bar, dando assim um total de 12 experimentos. Os experimentos de OI à pressão de 40 bar do suco ultrafiltrado à 6 bar foram denominados de OI 1 - UF 1 e do suco ultrafiltrado à 8 bar de OI 1 - UF 2. Os experimentos de OI à pressão de 60 bar do suco ultrafiltrado à 6 bar foram denominados de OI 2 - UF 1 e do suco ultrafiltrado à 8 bar de OI 2 - UF 2. Os experimentos foram realizados à temperatura ambiente, variando de 25 a 35° C. As tomadas de tempo (em cronômetro) e de brix (em refratômetro) foram feitas a cada 200 ml recolhidos de permeado ("água") e mantendo o retentado sempre em recirculação. O término do processo de OI foi atingido quando o fluxo de permeado era muito baixo e isso se deu com cerca de 1.800 ml de permeado recolhido.

Antes de cada experimento, era medida a vazão da água e o experimento com o suco só era realizado se esta vazão era a mesma para cada repetição. Após cada experimento, procedeu-se a lavagem do módulo como para ultrafiltração, com a diferença de que a solução de NaOH é de 0,5% e de ácido fosfórico é também de 0,5%.

As amostras para análise de açúcares redutores e totais, acidez e sólidos totais foram retiradas das correntes de alimentação, permeado e retentado, para cada experimento realizado.

O fluxo de permeado (J) foi calculado pela fórmula:

$J = V / A.T$, onde V = Volume de permeado, A = Área e T = Tempo

E o fator de concentração (Fc) foi calculado por :

$Fc = Vi / (Vi - V)$, onde Vi = Volume inicial de suco da alimentação e V = Volume de permeado

3.7. Análises físico-químicas

Foram realizadas as análises físico-químicas de pH, açúcares redutores e totais, acidez total, sólidos totais e °Brix para as três correntes em estudo da UF (suco de alimentação, que é o suco centrifugado, permeado e retentado), para as duas correntes da OI (permeado e retentado) e para o licor.

O pH foi medido em potenciômetro e a medida de °Brix em refratômetro. O método utilizado para a análise de açúcares redutores foi o método AOAC 22.084, para açúcares totais foi o método AOAC 22.082, para a acidez total, o método AOAC 22.060 e o método AOAC 22.019 para sólidos totais.

Assim 630 g suco = 68,6 partes

1 parte = $630/68,6 = 9,6$ g

Então 36 partes de álcool = $26 \times 9,6 = 240$ g

Com isso utilizou-se 630 g de suco mais 240 g de álcool

Os cálculos teóricos para obtenção de licor com 45° Brix a partir de licor com 26° GL, também utilizando o Quadrado de Pierson foram:

870 g de licor (26° GL) - 29° Brix	↘	↗ (100-45) 55 partes
	45° Brix	
açúcar	- 100° Brix	↘ (45-29) 16 partes

Assim 870 g suco = 55 partes

1 parte = $870/55 = 16$ g

Então 16 partes de açúcar = $16 \times 16 = 256$ g

Com isso utilizou-se 870 g de licor mais 256 g de açúcar

A graduação alcoólica do licor final foi medida por ebulômetro e o licor apresentou 19° GL e 45° Brix. A acidez foi de cerca de 0,3%, expressa em ácido cítrico.

3.9. Análise sensorial do licor de banana

Inicialmente, realizou-se a caracterização sensorial (SENSORY, 1981) das duas formulações de licor de banana, uma com 19° GL e outra com 28° GL, por uma equipe de 7 provadores treinados, sendo 4 mulheres e 3 homens, em prova aberta. Os licores foram servidos à temperatura ambiente (AMERICAN, 1968) em béquers de 50 ml e os provadores se encontravam em uma mesa para discussão. O objetivo desta era a caracterização do licor de banana para a obtenção de atributos sensoriais com relação ao aroma, consistência e sabor.

Devido à grande diferença detectada pelos provadores entre os dois licores e à preferência pelo licor de 19º GL, já que o outro licor ficou muito forte com relação ao teor alcoólico, optou-se pela realização da avaliação da aceitabilidade do licor de 19º GL e não a avaliação da preferência entre os dois licores, como estava previsto anteriormente. Este teste de aceitabilidade foi feito, a nível piloto, com 54 consumidores de bebidas alcoólicas, sendo 24 mulheres e 30 homens (MEILGAARD *et alii*, 1987), com idade variando entre 20 e 50 anos. O licor foi servido à temperatura ambiente em béquers de 50 ml, em cabines fechadas e com luz vermelha, para a cor do licor não influenciar na prova. A ficha com as perguntas realizadas aos provadores encontra-se no Anexo 3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Solução de inibição da polifenol oxidase

Para a inibição da polifenol oxidase, foram testadas soluções de metabissulfito de sódio e de ácido ascórbico em várias concentrações, como pode ser visto na Tabela 1. Os resultados para a análise do escurecimento através da presença ou ausência de PFO também se encontram nessa tabela.

Tabela 4.1 - Concentrações das soluções de ácido ascórbico e metabissulfito de sódio para inibição da PFO e análise do escurecimento provocado por esta.

Teste	Ácido Ascórbico(%)	Metabissulfito de sódio (%)	Escurecimento
1	0,1	0,01	sim
2	0,5	0,02	sim
3	—	0,05	sim
4	1,0	0,1	sim
5	0,5	0,1	sim
6	0,7	0,2	não
7	0,8	0,18	não
8	1,0	0,15	não
9	1,5	0,1	não

A solução escolhida foi aquela com menor quantidade de metabissulfito de sódio, já que este pode conferir sabor residual e tem seu uso limitado pela legislação, e que não permitiu o escurecimento enzimático por PFO. Também levou-se em consideração que altas quantidades de metabissulfito de sódio podem inativar a PFO irreversivelmente (SAYAVEDRA-SOTO & MONTGOMERY, 1986) e isso não era necessário, já que a enzima seria retida pela etapa posterior de UF. Optou-se pelo ácido ascórbico em relação ao ácido cítrico, mesmo tendo um custo mais elevado, por ser mais eficiente e porque o ácido cítrico deixa um sabor residual muito ácido quando usado na mesma concentração que o ácido ascórbico. O tratamento com ácido ascórbico e metabissulfito de sódio foi um

dos melhores tratamentos para inibição da PFO, de acordo com ALMEIDA & NOGUEIRA (1995). Porém, como o escurecimento enzimático por PFO é somente retardado por ácido ascórbico até a oxidação de todo ácido (EL-SHIMI, 1993), optou-se pela combinação deste com metabissulfito de sódio. Assim, o tratamento escolhido foi o da solução com 0,15% de metabissulfito de sódio e 1% de ácido ascórbico. Não se optou pela inativação térmica da PFO porque esse tratamento poderia deixar um sabor de cozido na banana (CANO *et alii*, 1990).

4.2. Processamento-teste

No processamento teste, estudou-se a centrifugação pelas centrífugas de discos Alfa Laval e Westfalia, centrífuga de cesto e centrífuga de laboratório RC 3B. Os maiores rendimentos foram obtidos pelas centrífuga de cesto e de laboratório, de cerca de 70% em peso de polpa, enquanto as centrífugas Alfa Laval e Westfalia deram rendimentos menores do que 50%, já que o descarte (resíduo) foi muito grande. Também pode-se perceber que os sucos obtidos pelas centrífugas de cesto, de laboratório e Westfalia, passaram melhor pela UF, sem ultrapassar a pressão transmembrana máxima de 10 bar, ao contrário do que aconteceu com o suco centrifugado pela Alfa Laval, que teve muita dificuldade em passar pela UF. Optou-se pela centrífuga de discos Westfalia e não pela de laboratório, apesar de um rendimento menor, porque a quantidade a ser processada de cada vez na de laboratório, é muito pequena, tornando o processo inviável. O suco ultrafiltrado de banana estava claro e não apresentava atividade de PFO. O suco ultrafiltrado foi concentrado por OI até 25,4^o Brix, neste primeiro teste.

4.3. Produção de suco clarificado e concentrado de banana isento de polifenol oxidase

A solução de inibição da PFO foi suficiente para inibir a enzima, não deixando o suco escurecer. Através de análise qualitativa da presença ou ausência da PFO foi constatado, através do teste positivo de presença, que a enzima não estava inativa, somente inibida. Isso está de acordo com o objetivo desse trabalho que era inibir a enzima para depois retê-la na UF.

O tratamento enzimático com Pectinex Ultra SP-L foi eficaz na redução da viscosidade do suco e por facilitar a separação e extração do suco de banana da polpa pela centrífuga Westfalia.

A centrifugação em centrífuga de discos Westfalia foi eficiente na redução dos sólidos em suspensão, já que a UF foi realizada sem necessidade de aplicar a pressão transmembrana máxima de 10 bar. O rendimento da centrifugação foi de 52% em relação ao peso de polpa.

O fluxograma quantitativo da produção do suco concentrado encontra-se a seguir:

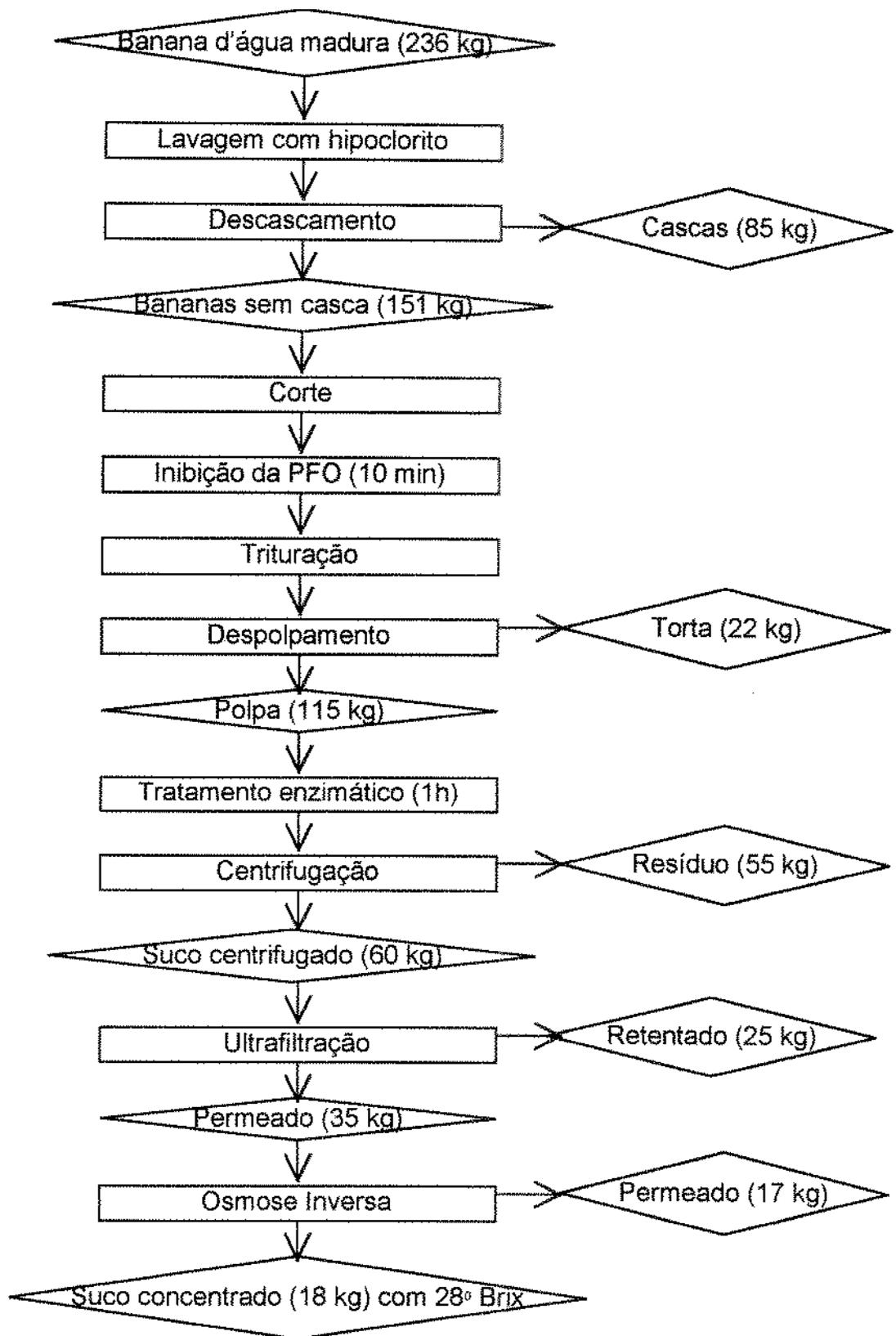


Figura 4.1 - Fluxograma quantitativo da produção de suco concentrado de banana

4.4. Ultrafiltração

A etapa de ultrafiltração (UF) atingiu o seu principal objetivo que foi a retenção da enzima polifenol oxidase pela membrana. Isso foi comprovado pelo teste qualitativo para ausência ou presença de PFO no permeado da UF, e em todos os experimentos, não houve detecção da presença da enzima. Por outro lado, foi verificada presença da PFO no suco da alimentação e no retentado da UF. Isto era esperado, já que a PFO estava inibida e não inativada pela solução de metabissulfito de sódio e de ácido ascórbico no suco de banana da alimentação. A PFO foi retida pelas membranas de ultrafiltração, como esperado, já que o peso molecular de corte da membrana usada foi de 20.000 daltons e o peso molecular da enzima é de aproximadamente 62.000 daltons (GALEAZZI & SGARBIERI, 1981). Esses resultados também mostram que as concentrações de ácido ascórbico e metabissulfito de sódio utilizadas realmente não inativaram a PFO, somente inibiram esta, já que foi detectada a presença desta no suco da alimentação e no retentado.

Nos experimentos de UF, o suco pôde ser ultrafiltrado sem necessidade de aplicação da pressão transmembrana máxima. A limpeza do módulo com NaOH e ácido fosfórico foi suficiente para limpar as membranas e restaurar o fluxo com água, após cada experimento.

Os resultados mostraram que não houve diferença acentuada entre os tratamentos, já que ambos apresentaram o mesmo fluxo inicial de permeado de 7,7 L/hm². Os fluxos de permeado foram baixos devido à alta viscosidade do suco de banana, como descreveu RAO *et alii* (1987), para suco de maçã. Nota-se pela Figura 4.2, de que o fluxo decresceu rapidamente nos primeiros 40 minutos para os dois processamentos, o que está de acordo com CHAMCHONG & NOOMHORN (1991), e, a partir daí, permaneceu estável para o processamento à pressão transmembrana de 6 bar (UF 1), porém decresceu para o processamento à 8 bar (UF 2). Segundo os autores mencionados anteriormente, um maior fluxo retarda a formação de camada de entupimento na superfície da membrana, e,

para um dado tempo, maior quantidade de suco permeado pode ser obtida, o que indica maior rendimento no processo. O fluxo de permeado diminuiu continuamente com o tempo de processamento, o que está de acordo com CHIANG & YU (1987), por ser limitado pela pressão osmótica em adição à formação da camada de entupimento. Há uma gradual construção de uma camada de sólidos em suspensão e substâncias pécicas. A resistência, que gera baixos fluxos, é devida à essa camada (RAO *et alii*, 1987). Também o fluxo pode ter decrescido devido à essa camada reduzir o tamanho efetivo do poro da membrana. O efeito de polarização da concentração nas membranas pode permitir a remoção de sólidos em suspensão de pesos moleculares menores do que o peso molecular de corte da membrana pela associação entre essas substâncias, formando compostos com pesos moleculares maiores (HERNANDEZ *et alii*, 1992). Isso por um lado pode ser favorável devido à garantia da retenção da enzima PFO, que é um objetivo da UF deste trabalho. Por outro lado, diminui o fluxo de permeado, tornando o processo de UF mais lento. A formação dessa camada parece não envolver nenhuma interação específica com a membrana, como reportaram CAPANNELLI *et alii* (1992), já que o procedimento normal de limpeza descrito foi suficiente para restaurar o fluxo com água pura ao seu valor inicial. Uma proposta de AMAR *et alii* (1990), para permitir a limpeza parcial da membrana e restabelecimento do fluxo de permeado inicial, é um procedimento de ação mecânica do fluido, a retrolavagem. Esta poderia remover partículas depositadas nos poros e também na superfície.

Devido ao permeado ser coletado e o retentado retornar à corrente do sistema de alimentação, esta tornou-se mais concentrada com o tempo (KIRK *et alii*, 1983), como pode ser visto na Figura 4.3, que mostra o fator de concentração em função do tempo. O aumento da concentração foi um pouco mais rápido no processo UF 1, ou seja, neste processo, a corrente de retentado em recirculação atingiu uma dada concentração a um menor intervalo de tempo. O aumento do fator de concentração reduziu enormemente o fluxo de permeado, como pode ser visto na Figura 4.4. O fluxo de permeado diminuiu mais rapidamente com o fator de concentração (F_c) no experimento UF 2. Essa diminuição no fluxo de permeado também foi vista no gráfico de fluxo de permeado X

tempo (Figura 4.2). O fluxo de permeado no processo UF 2 diminuiu muito, tornando o processo impraticável, a um fator de concentração menor do que na UF 1. Isso indica que o processo UF 2 deve ser finalizado em um período de tempo menor do que o processo UF 1 devido ao baixo fluxo, que torna a continuação do processo impraticável. A menor diminuição do fluxo de permeado com a concentração, indica que este processo de UF pode ser continuado por mais tempo a um nível de fluxo de permeado praticável.

Como pôde ser visto pelos resultados apresentados, não houve diferença acentuada entre os experimentos UF 1 e UF 2; porém o experimento UF 1 foi melhor, já que apresentou uma menor diminuição do fluxo de permeado com o tempo e com a concentração, permitindo a continuação do processo por mais tempo. Por essas razões, sugere-se que a pressão transmembrana ótima a ser utilizada no processo de UF de suco de banana seja de 6 bar, já que aumentando-se a pressão para 8 bar, não houve aumento de fluxo de permeado. Uma possível explicação para isso é dada por KIRK *et alii* (1983). A diminuição mais rápida do fluxo de permeado para o processo UF 2, pode ser devida ao fato de que a camada de entupimento é mais comprimida e assim, pontes de hidrogênio entre as unidades de ácido galacturônico das substâncias pécticas poderiam se colapsar, e a rede de cadeias fecharia a membrana. Isso ocorre para pressões transmembranas acima da pressão ótima (neste caso acima de 6 bar).

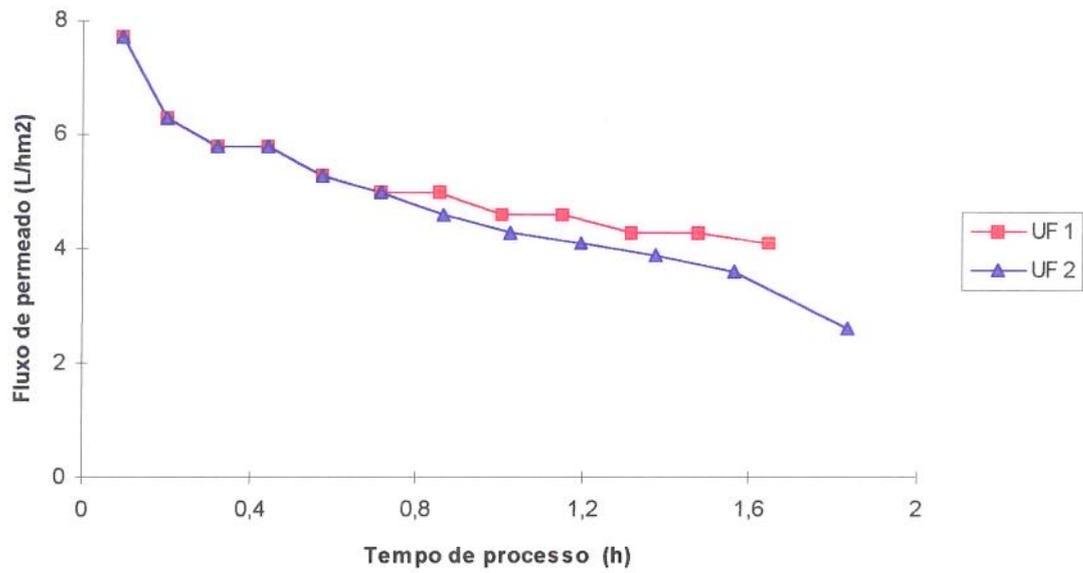


Figura 4.2. - Fluxo de permeado X Tempo de processo para os processo UF 1 e UF 2

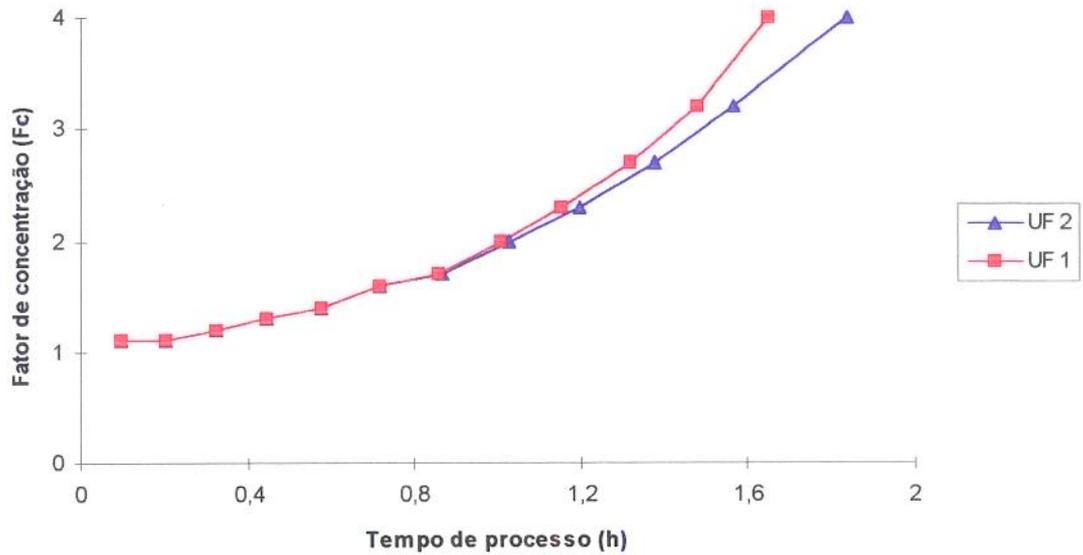


Figura 4.3. - Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para os processos UF 1 e UF 2

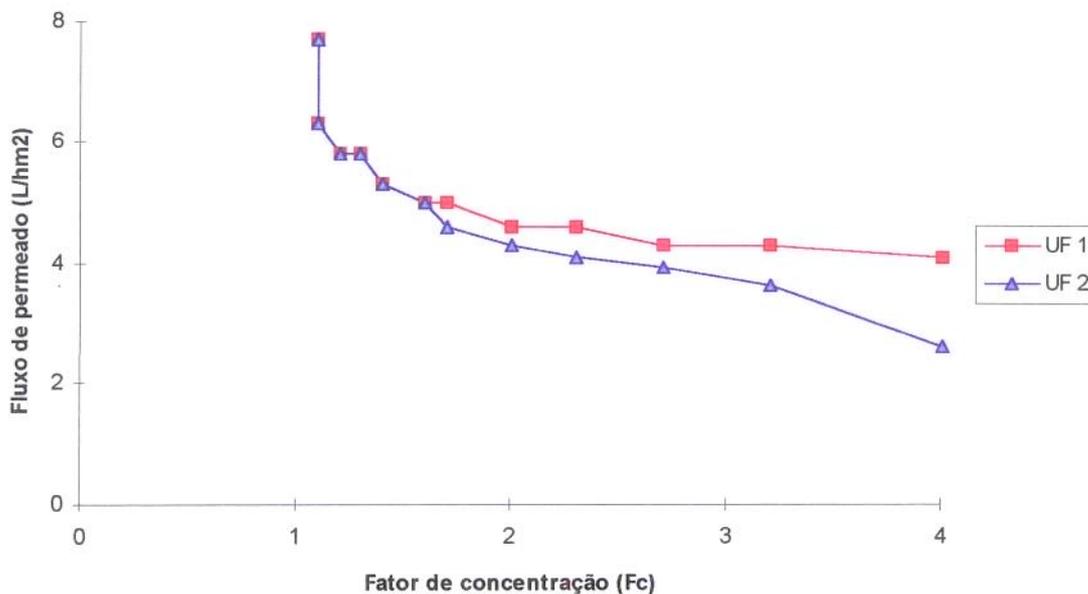


Figura 4.4. - Fluxo de permeado X Fator de concentração (Fc) para os processos UF 1 e UF 2

4.5 Osmose Inversa

Na etapa de osmose inversa (OI) atingiu-se a concentração máxima de 31⁰ Brix para o suco de banana. O procedimento normal de limpeza com solução de 0,5% de hidróxido de sódio e 0,5% de ácido fosfórico foi suficiente para retornar o fluxo de água pura ao valor inicial em todos os experimentos.

Para os dois experimentos de OI, um à pressão transmembrana de 40 bar (OI 1) e outro à 60 bar (OI 2), utilizando-se o suco permeado da ultrafiltração à pressão transmembrana de 6 bar (UF 1), evidenciou-se que o processo OI 1 - UF 1 teve comportamento melhor do que OI 2 - UF 1. Isto foi devido, principalmente ao maior fluxo de permeado (27,8 L/hm²) e à maior concentração atingida (31⁰ Brix), como pode ser visto nas Figuras 4.7 e 4.5, respectivamente. Assim também para os processos OI 1 e OI 2

utilizando-se o suco permeado da ultrafiltração à 8 bar (UF 2), o fluxo de permeado (27,8 L/hm²) e a concentração (29,4^o Brix) foram maiores para o processo OI 2 - UF 2, como pode ser visto nas Figuras 4.8 e 4.6, respectivamente. Segundo SHEU & WILEY (1983), um fluxo de permeado acima de 15 L/hm² é considerado economicamente viável, assim o processo OI 2 - UF 1 parece ser razoavelmente viável, já que apresentou um fluxo médio de 12,2 L/hm², contra o fluxo médio de 3,7 L/hm² do processo OI 1 - UF 1.

Analisando-se os 4 procedimentos de OI realizados, ou seja, OI 1 - UF 1, OI 2 - UF 1, OI 1 - UF 2 e OI 2 - UF 2, obtiveram-se os resultados que serão discutidos a seguir.

Pelas Figuras 4.5 e 4.6, nota-se que o teor de sólidos solúveis (^o Brix) aumentou com o tempo e esse aumento foi maior e mais rápido para os processos OI 2. Isto mostra que os processos OI 2 atingiram concentrações maiores em intervalos de tempo menores, ou seja, o processo de concentração do suco foi mais rápido.

O fluxo de permeado diminuiu com o tempo e essa diminuição foi mais acentuada e rápida no início dos processos OI 2, de acordo com as Figuras 4.7 e 4.8. Em comparação com a UF, o fluxo de permeado da OI diminuiu mais rapidamente e numa grandeza maior do que o da UF. Isto é devido ao processo de OI ser mais sensível do que a UF a entupimento e compactação das membranas, principalmente devido às características da membrana densa. O mecanismo de OI não é simplesmente um efeito de "peneira", onde as moléculas de tamanho maior do que os poros da membrana poderiam ser retidas. Esse efeito mecânico de "peneira" é verdadeiro para UF e não para OI, onde um processo físico-químico é o mecanismo de separação de solutos. A extensão da separação de solutos depende da porosidade da membrana, natureza do grupo funcional do soluto e do coeficiente de transferência de massa do soluto no lado de maior pressão da membrana. O efeito de polarização da concentração e do entupimento, que reduz o fluxo de permeado, é muito maior na OI do que na UF, de acordo com CHUA *et alii* (1987) e CHOU *et alii* (1991). O fluxo de permeado decresce com o tempo devido à pressão osmótica do

lado de maior pressão da membrana, compactação da membrana e pelos poros das membranas estarem bloqueados pelos solutos e macromoléculas (CHUA *et alii*, 1987).

O fluxo de permeado diminuiu com o aumento da concentração de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), ou seja com a concentração do suco retentado. Essa diminuição foi bem mais acentuada para os processos OI 2 (Figuras 4.9 e 4.10). O processo de OI foi tornando-se mais difícil com o aumento da concentração do suco, até o nível em que o processo não foi mais praticável, atingindo assim, a concentração máxima para o suco.

Nas Figura 4.11 e 4.12, observou-se que a concentração (F_c) aumentou com o tempo e esse aumento foi mais rápido para os processos OI 2, indicando que a concentração foi mais rápida nestes experimentos.

O desenvolvimento dos 4 processos de OI realizados podem ser vistos agrupados nas Figuras de números 4.13 à 4.16. Assim, pôde-se perceber que os processos OI 1 - UF 1 e OI 2 - UF 2 apresentaram comportamentos similares em todos os parâmetros estudados, ou seja para tempo, fluxo e concentração e que os processos OI 2 - UF 1 e OI 2 - UF 2 também foram similares entre si. Somente para os parâmetros de Fluxo x Tempo (Figura 4.14), a diferença entre os 4 tratamentos não foi nitidamente observada. Concluindo, os processos OI 2 apresentaram resultados melhores em todos os parâmetros estudados, em comparação aos processos OI 1. Entre os processos OI 2, o processo OI 2 - UF 1 foi o melhor, já que ofereceu um suco de maior concentração (31° Brix) em um menor intervalo de tempo (0,6 h).

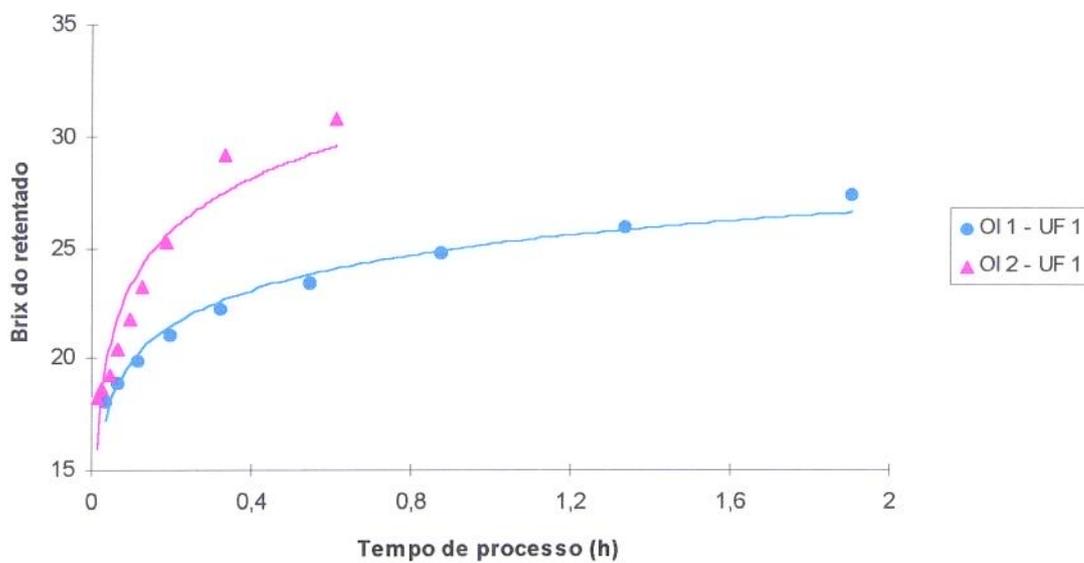


Figura 4.5. - Brix do retentado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1

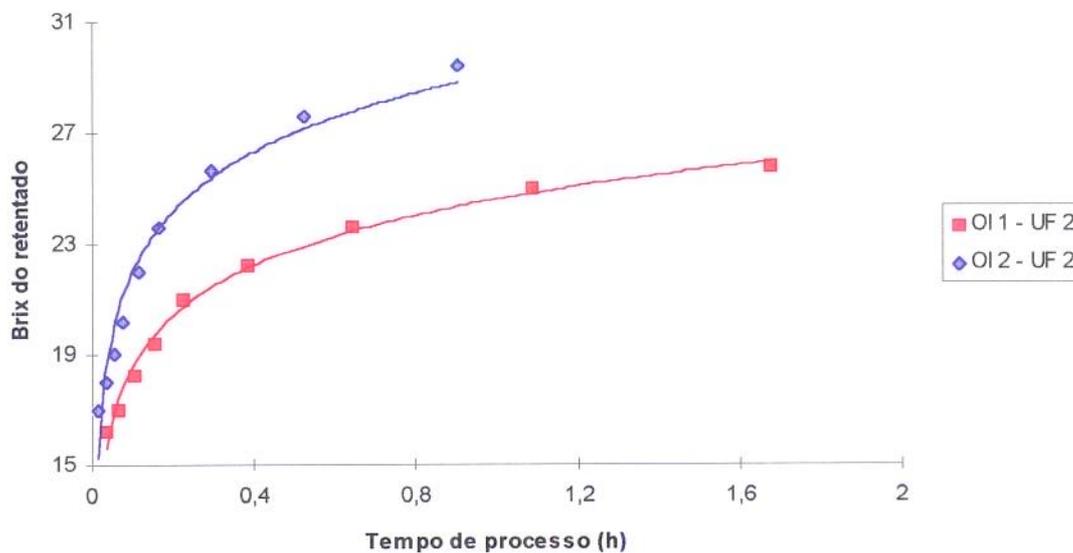


Figura 4.6. - Brix do retentado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2

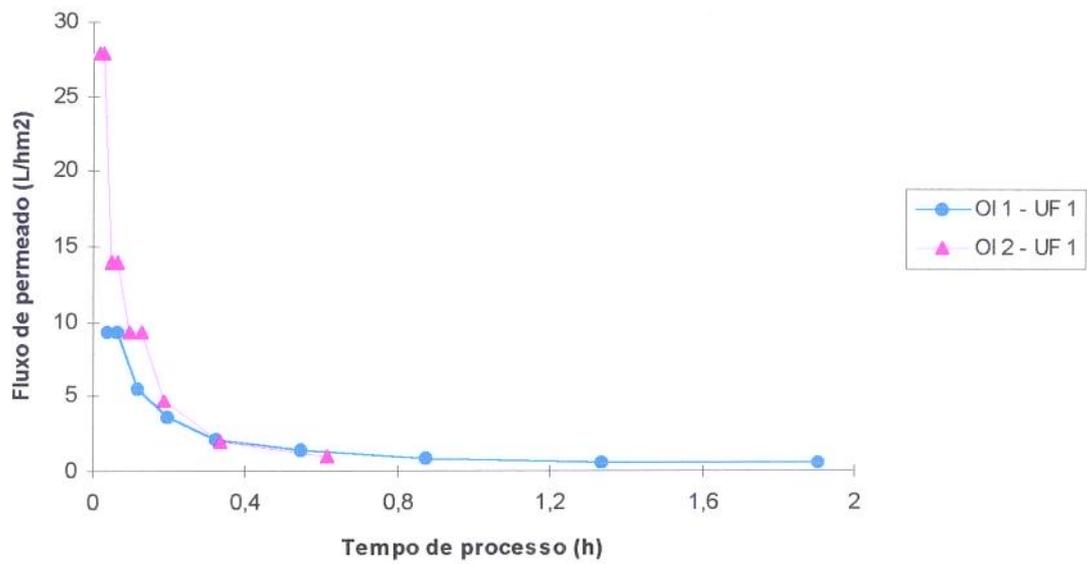


Figura 4.7. - Fluxo de permeado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1

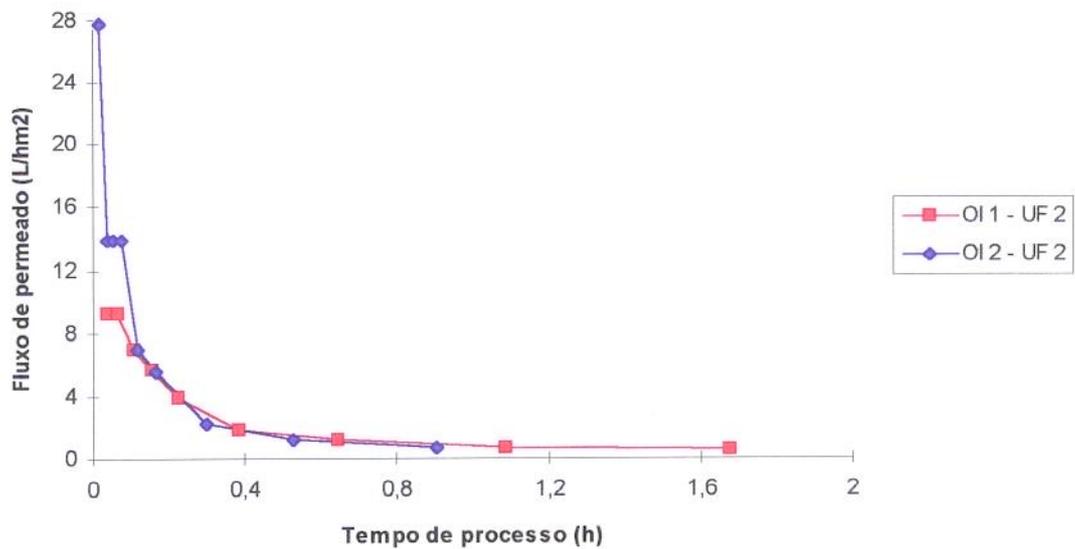


Figura 4.8. - Fluxo de permeado X Tempo de processo para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2

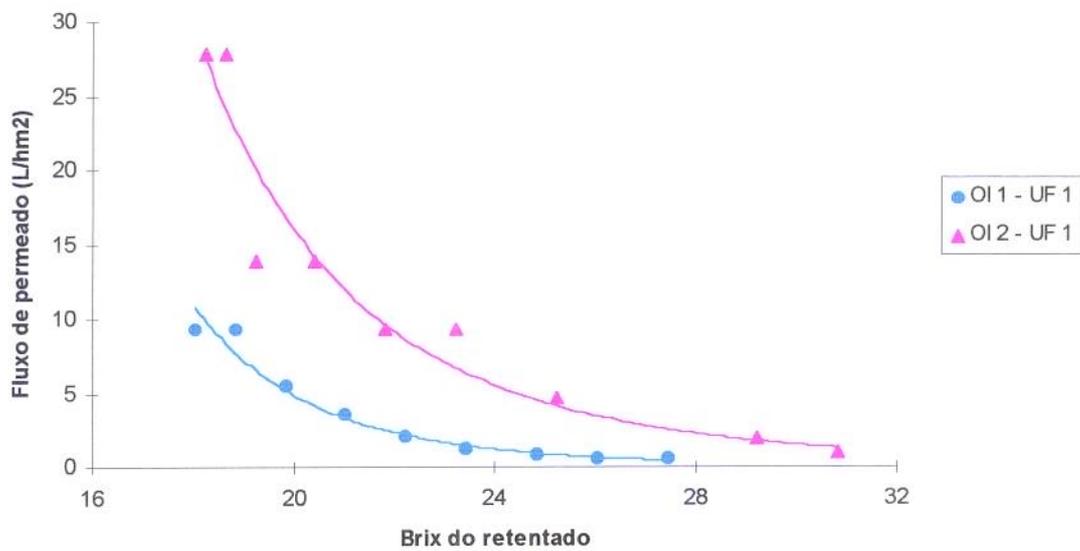


Figura 4.9. - Fluxo de permeado X Brix do retentado para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1

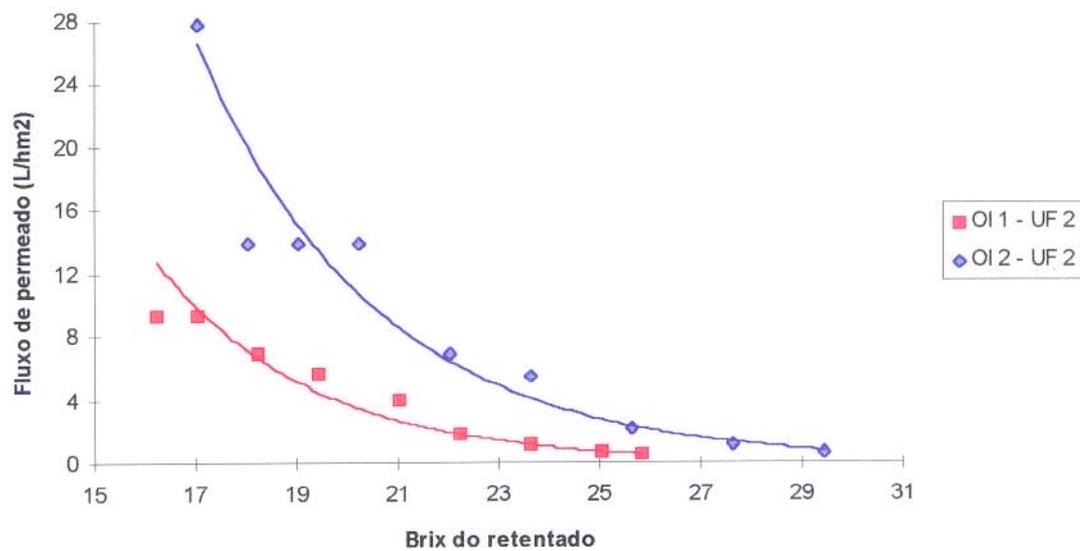


Figura 4.10. - Fluxo de permeado X Brix do retentado para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2

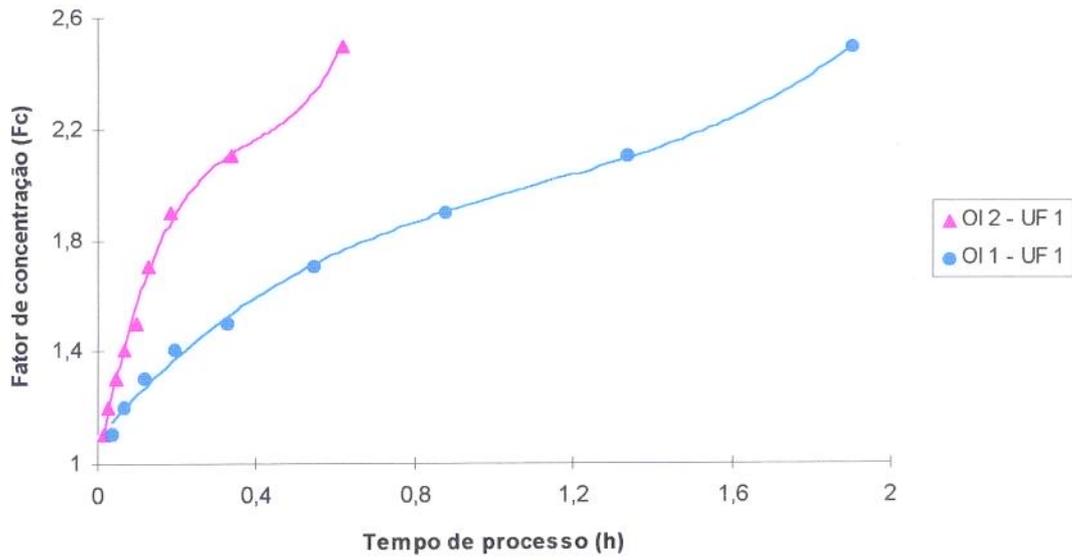


Figura 4.11. - Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para os processos OI1 - UF1 e OI2 - UF1

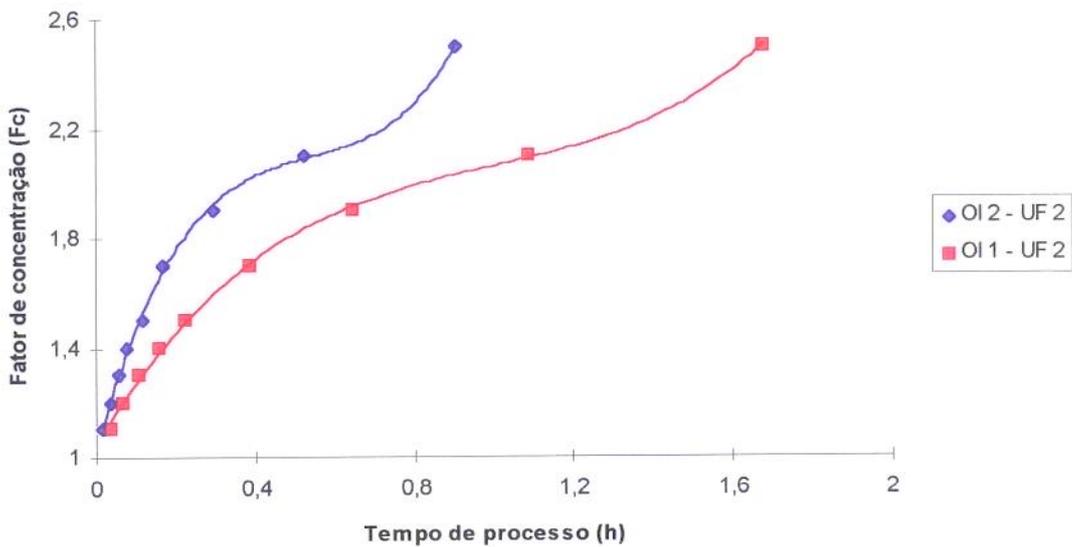


Figura 4.12. - Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para os processos OI1 - UF2 e OI2 - UF2

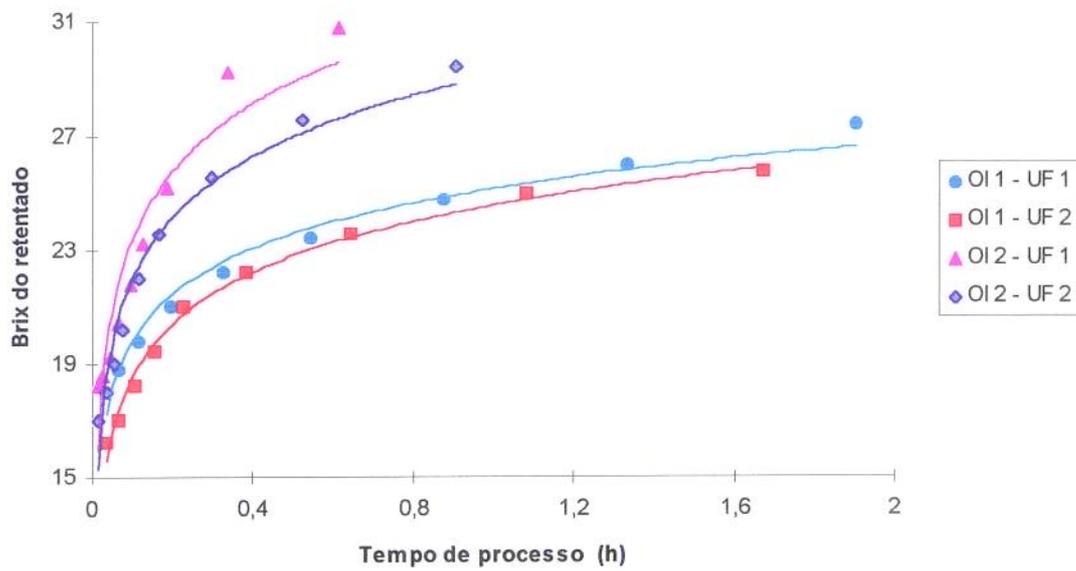


Figura 4.13. - Brix do retentado X Tempo de processo para todos os processos de OI.

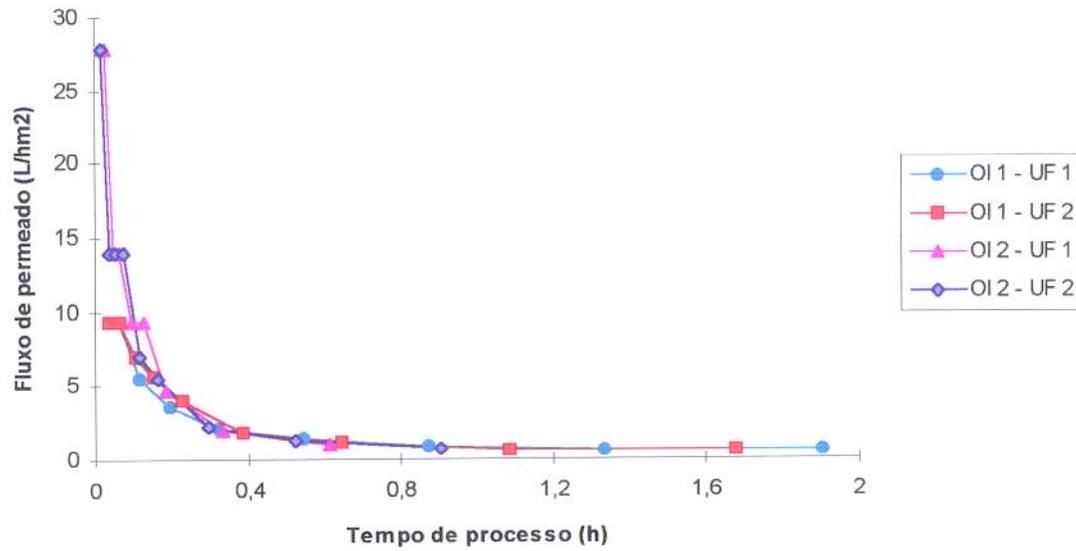


Figura 4.14. - Fluxo de permeado X Tempo de processo para todos os processos de OI.

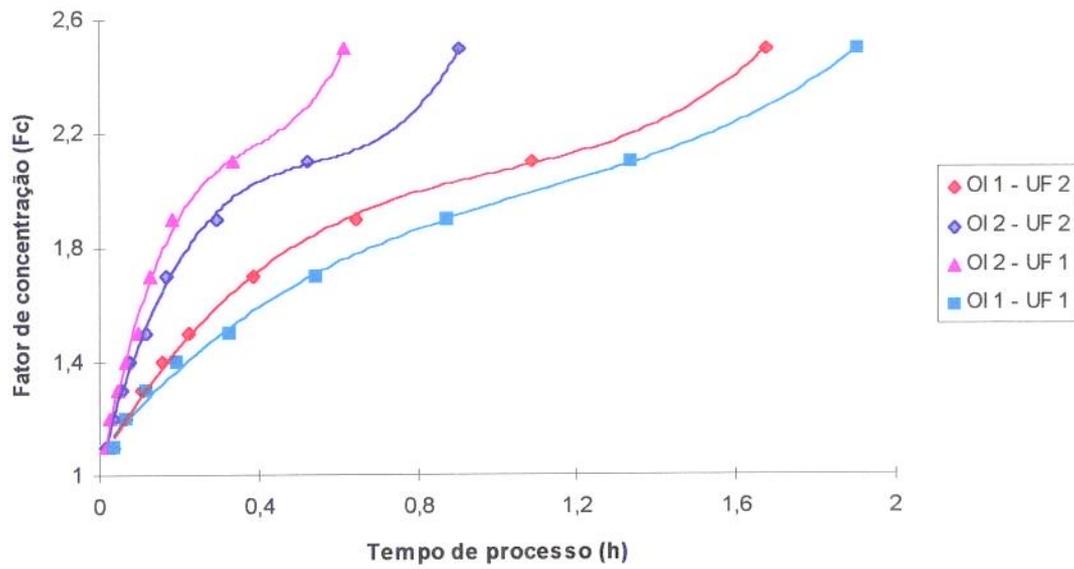


Figura 4.15. - Fator de concentração (Fc) X Tempo de processo para todos os processos de OI.

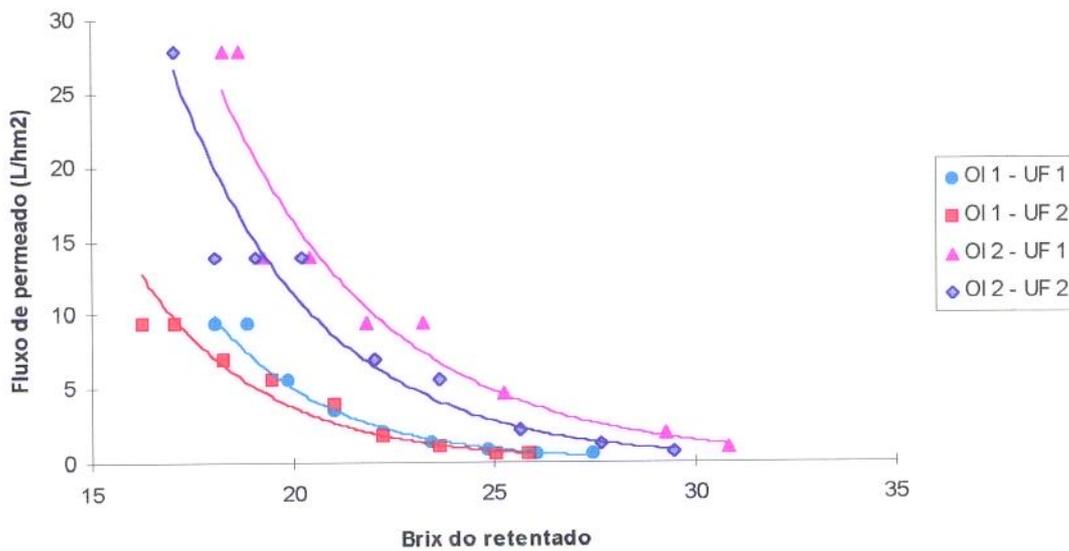


Figura 4.16. - Fluxo de permeado X Brix do retentado para todos os processos de OI.

4.6. Análises físico-químicas

Os resultados da análises físico-químicas encontram-se na Tabela 4.2:

Tabela 4.2 - Resultados das análises físico-químicas para o suco de banana no processo de UF e OI

Amostra	pH	^b Brix	Açúcares redutores (g/100g)	Açúcares totais (g/100g)	Acidez (ml NaOH 0.01N/100g)	Sólidos totais (g/100g)
UF 1 A	4,5	19,6	16,2	17,1	0,8	16,2
UF 1 P	4,5	17,8	15,3	17,2	0,7	15,0
UF 1 R	4,5	21,5	16,3	16,8	1,0	16,1
UF 2 A	4,6	19,1	16,0	16,9	0,8	15,2
UF 2 P	4,5	17,4	11,9	14,1	0,8	13,6
UF 2 R	4,6	20,1	15,0	15,1	0,9	15,1
OI1-UF1 P	4,4	1,1	2,4	3,8	0,3	3,7
OI1-UF1 C	4,1	26,3	20,3	20,4	1,0	23,4
OI2-UF1 P	5,0	0,4	1,6	2,4	0,2	2,5
OI2-UF1 C	4,4	30,7	22,7	22,9	1,2	26,5
OI1-UF2 P	4,8	1,5	2,9	3,2	0,3	2,6
OI1-UF2 C	4,3	24,7	20,3	21,0	1,2	19,3
OI2-UF2 P	4,9	0,4	2,5	3,5	0,2	2,9
OI2-UF2 C	4,3	29,8	22,5	22,8	1,2	26,0

Onde A=Alimentação (suco de banana)

P=Permeado

R=Retentado

C=Concentrado

Por esses resultados, nota-se que não houve grande diferença entre os dois processos de UF para todas as análises. Porém, o processo UF 1 permitiu maior permeação de açúcares redutores e totais e sólidos totais do que o processo UF 2, como pode ser visto pelos valores para o suco permeado. Já para a OI, os processos OI 2 tiveram maior concentração para açúcares redutores e totais e sólidos totais do que os processos OI 1, como pode ser visto pelos maiores valores para o extrato concentrado. Houve permeação de açúcares, sólidos e ácidos para o permeado da OI, mas em baixa quantidade, como pode ser visto pelos valores do suco permeado.

Com relação ao pH, não houve grande diferença para os processos de UF. Porém houve pequena diferença para os processos de OI, sendo que o pH diminuiu para o extrato concentrado. Essa mesma redução foi encontrada por MEDINA & GARCIA (1988), e é um resultado da retenção de ácidos, que é muito importante, porque o nível de acidez é crítico à aceitação do consumidor, além de ser um indicador legal de maturidade. Já para a concentração de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix), os permeados da UF apresentaram um menor grau, significando que houve uma pequena concentração no processo de UF. Para a OI, como era esperado, os permeados apresentaram quase 0° Brix, o que significa que a água do suco é que estava sendo permeada, durante o processo de OI. Os processos OI 2 apresentaram maior concentração de sólidos solúveis.

4.7. Licor de banana

Em geral, os licores comerciais de fruta apresentam graduação alcoólica variando de 15° a 30° GL e por isso decidiu-se pela produção de duas formulações de licor de banana dentro dessa faixa de graduação alcoólica. Assim, foi produzido um licor com 19° GL e outro com 28° GL, ambos com 45° Brix.

O licor obtido a partir do suco de banana concentrado por osmose inversa à pressão transmembrana de 60 bar foi um licor límpido, transparente, muito claro, de cor amarelo claro e sem nenhuma precipitação. Partiu-se do suco permeado da ultrafiltração para se concentrar por osmose inversa e por isso este suco concentrado era isento de material proteico, colóides, contaminantes microbiológicos e grandes moléculas orgânicas. E é este material que foi retido na ultrafiltração, provavelmente o responsável pela formação da borra ou sedimento e pela turbidez de licores, segundo HASHIZUME *et alii* (1976). Portanto, no licor produzido a partir de suco ultrafiltrado e concentrado por osmose inversa, não houve a formação da borra, não havendo assim a necessidade da etapa de trasfega no processo de produção de licor, o que garante uma grande vantagem à esse processo com relação ao processo convencional. Outras vantagens deste

processo são: a eliminação da etapa de adição de bentonita para clarificação ou remoção dos compostos que provocam turbidez, porque o licor já se encontra muito claro e sem estes compostos, e a eliminação da etapa de filtração por não haver precipitação nenhuma.

A acidez do licor de banana foi de cerca de 0,3% , expressa em ácido cítrico, o que está de acordo com CARVALHO *et alii* (1975).

4.8. Análise sensorial do licor de banana

Inicialmente pela prova aberta com provadores treinados, foi feita a caracterização sensorial dos dois licores de banana, um com 19º GL e outro com 28º GL. Assim, os atributos definidos para o aroma do licor foram: álcool, doce e banana (normal, cozida, passa e em calda). Já para o a consistência do licor, os atributos encontrados foram: licorosa e fluida. Finalmente, para o sabor do licor, os atributos foram: álcool, doce e banana.

Os provadores consideraram o licor de banana de 28º GL com alto teor alcoólico, muito doce e com pouco sabor e aroma de banana, que eram residuais. Consideraram, também, o licor de banana de 19º GL ainda um pouco forte com relação à graduação alcoólica, um pouco doce e o sabor de banana forte, mas era percebido após a sensação do álcool. A diferença entre os dois licores foi muito grande, principalmente pelo fato do licor de 28º GL ter alto teor alcoólico. Assim, os provadores preferiram o licor de 19º GL.

Por essa grande diferença apresentada entre os dois licores, optou-se por realizar o teste de aceitabilidade somente para o licor de 19º GL e não o de preferência entre os dois licores.

Os resultados obtidos na avaliação de aceitabilidade do licor de banana a 19° GL encontram-se nas Figuras 4.17 a 4.22.

Os resultados mostraram que, com relação ao gostar (Figura 4.17), 65% das pessoas gostaram do licor, somando as respostas "gosto muito" e "gosto ligeiramente", sendo 63% de mulheres e 67% de homens. Algumas pessoas (13%) responderam que nem gostaram e nem desgostaram do licor e 22% das pessoas desgostaram, entre as respostas "desgosto muito" e "desgosto ligeiramente".

Já para o aroma de banana (Figura 4.18), foi verificado que 54% das pessoas acharam o aroma bom, 39% acharam regular e somente 7% acharam ruim. Não houve grande diferença nas respostas entre homens e mulheres.

Sobre o teor alcoólico (Figura 4.19), 63% das pessoas responderam que o licor estava muito forte e 35% responderam que estava bom, sendo que mais homens (40%) acharam o que o teor alcoólico do licor estava bom e apenas 29% das mulheres acharam isso.

Quanto ao teor de açúcar ou doçura (Figura 4.20), 37% das pessoas acharam o licor muito doce, porém 61% acharam bom, sendo que foram 67% de mulheres e 57% dos homens.

Com referência aos motivos que levaram às pessoas a gostarem (Figura 4.21) ou desgostarem do licor (Figura 4.22), 39% das pessoas gostaram do licor devido ao aroma de banana e 35% por causa do sabor. Não houve muita diferença nas respostas entre homens e mulheres. Já o que as pessoas mais desgostaram no licor foram o alto teor alcoólico (43% das pessoas) e o alto teor de açúcar (32% das pessoas). Para o alto teor alcoólico foram 48% de mulheres contra 39% de homens, e para o alto teor de açúcar, foram 24% de mulheres e 39% de homens.

Em conclusão, por esses resultados, percebeu-se que o licor de banana produzido a partir do extrato ultrafiltrado e concentrado por osmose inversa foi sensorialmente aceito por consumidores de bebidas alcoólicas e que 74% das pessoas gostaram do licor devido ao sabor e aroma de banana. Isso enfatiza que os processos de ultrafiltração e osmose inversa produziram um extrato de banana com boa qualidade em sabor e aroma.

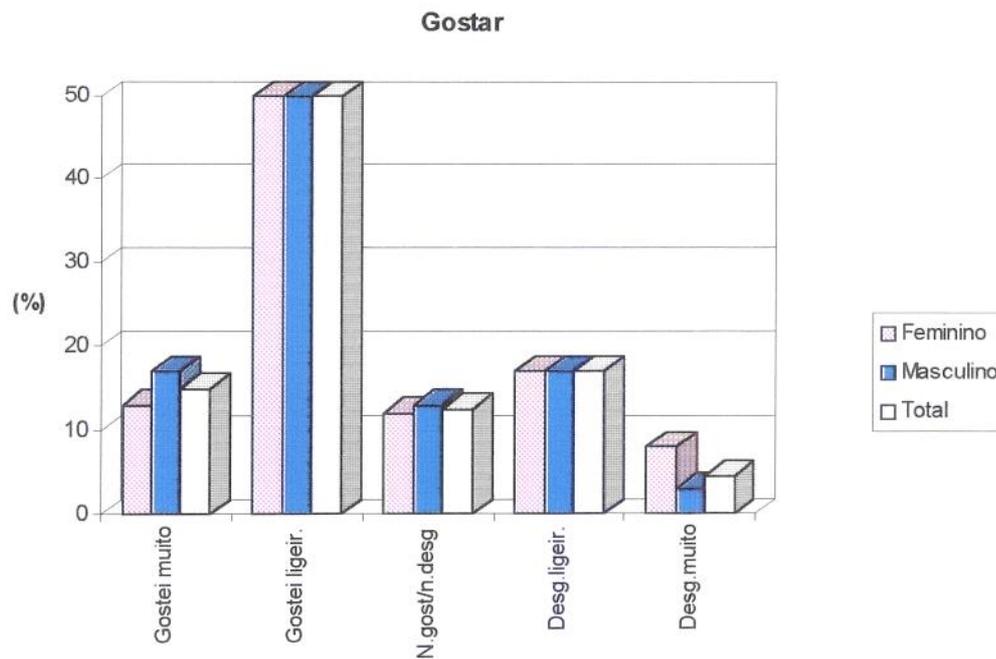


Figura 4.17 - Avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao gostar

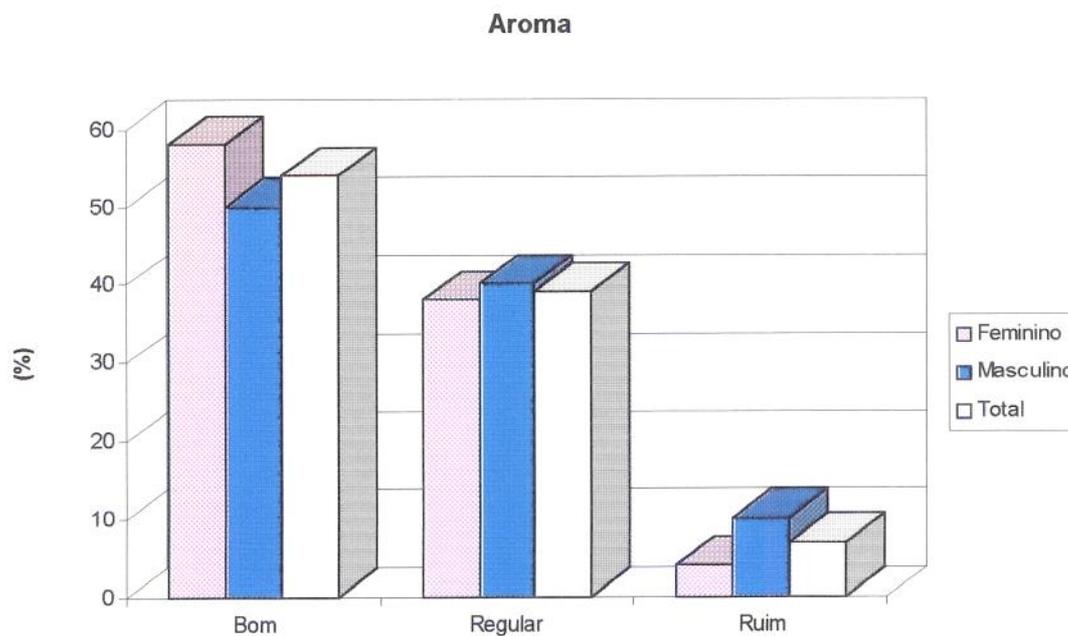


Figura 4.18 - Avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao aroma

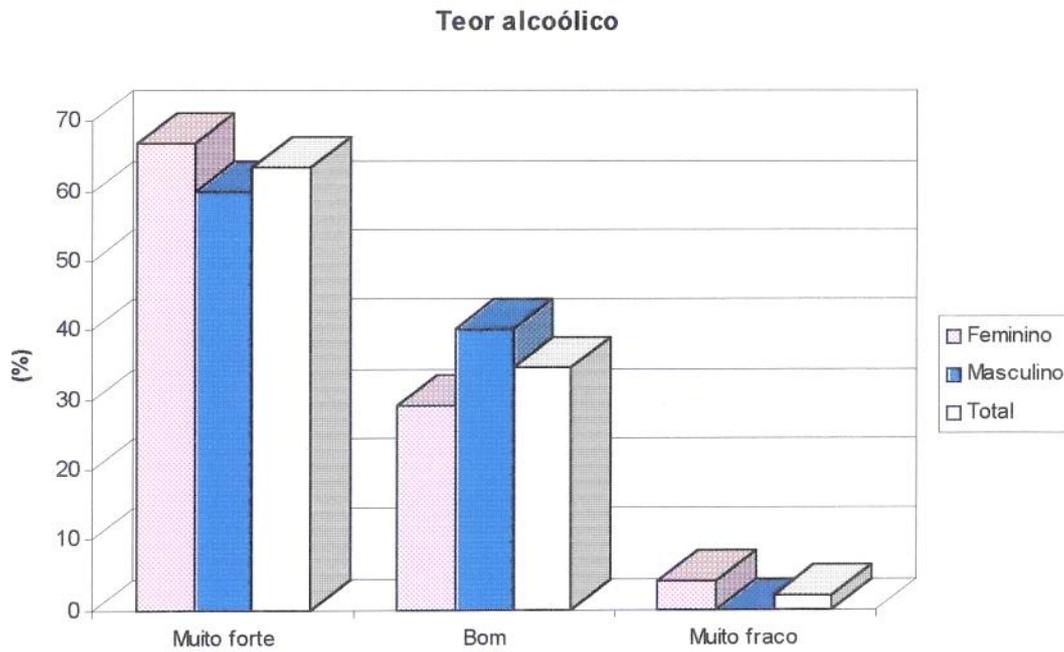


Figura 4.19 - Avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao teor alcoólico

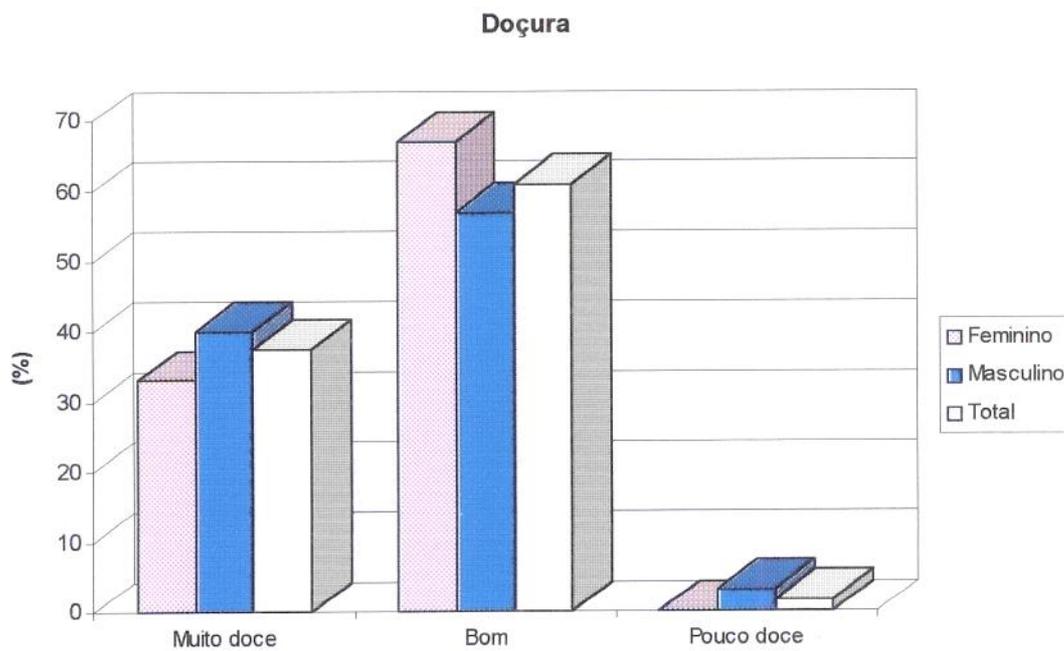


Figura 4.20 - Avaliação da aceitabilidade do licor com relação à doçura

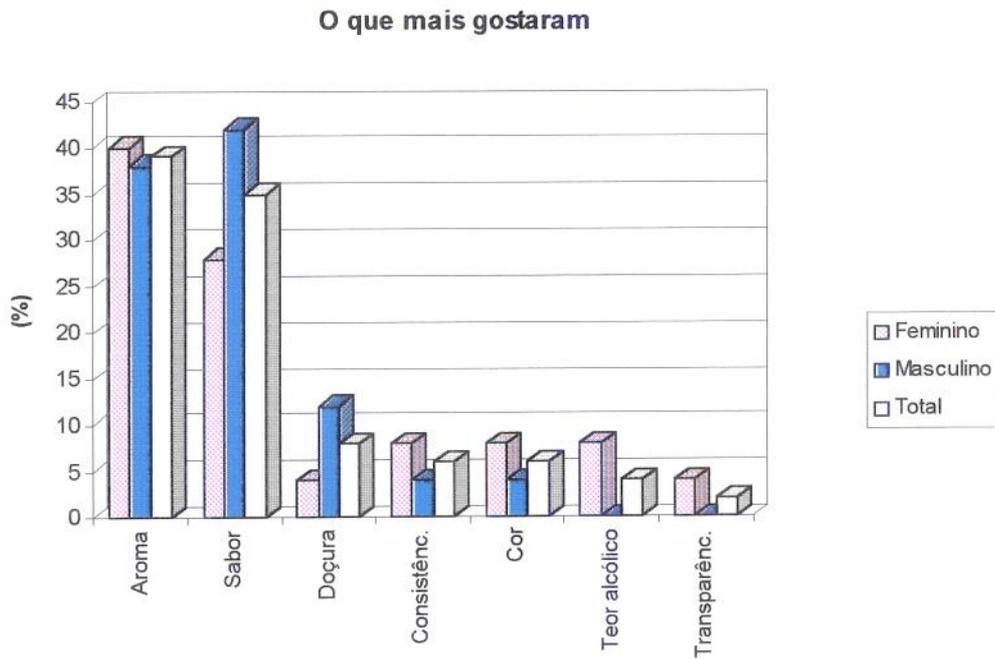


Figura 4.21 - Avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao que mais gostaram

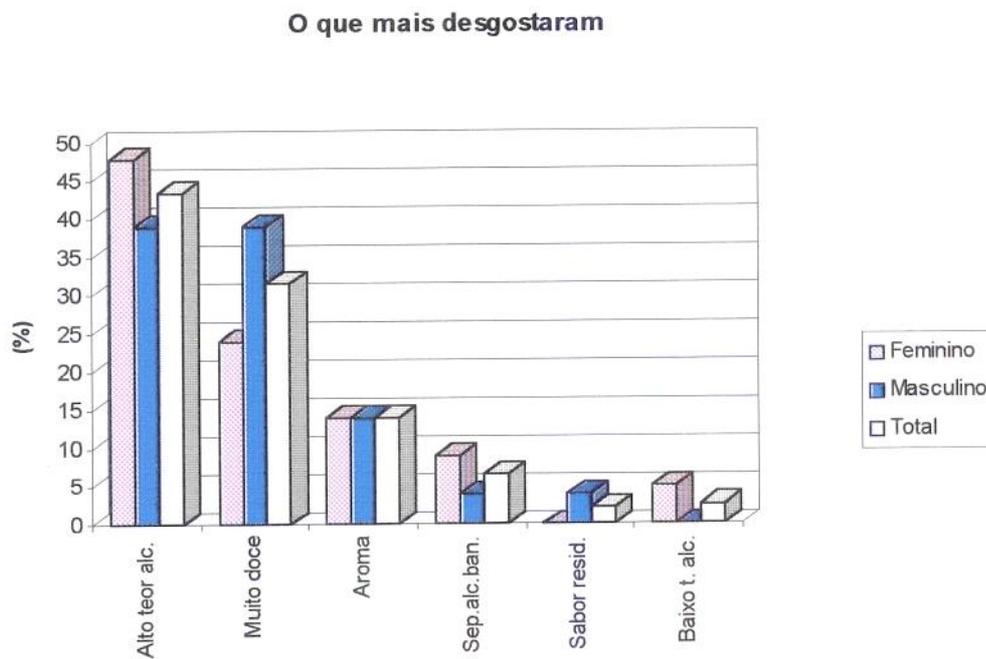


Figura 4.22 - Avaliação da aceitabilidade do licor com relação ao que mais desgostaram

5. CONCLUSÕES

Os objetivos principais deste trabalho que eram a retenção da enzima polifenol oxidase de suco de banana por ultrafiltração e a concentração do suco por osmose inversa, foram atingidos.

Anteriormente à etapa de ultrafiltração do suco de banana, procedeu-se a inibição da enzima PFO para evitar o escurecimento enzimático provocado por esta. O tratamento utilizado com solução de 0,15% de metabissulfito de sódio e 1% de ácido ascórbico foi eficaz para inibir temporariamente a enzima PFO.

A enzima Pectinex Ultra SP - L foi eficiente na redução da viscosidade da polpa de banana e assim pôde-se obter maior extração do suco. O rendimento de suco de banana foi de 52%.

A ultrafiltração foi eficiente e suficiente para a retenção da enzima PFO. O suco foi ultrafiltrado a duas pressões transmembranas, 6 e 8 bar. Não foi encontrada grande diferença entre os dois tratamentos estudados. Pelos resultados apresentados, o experimento à pressão transmembrana de 6 bar foi melhor por apresentar um fluxo de permeado mais estável e menor diminuição deste fluxo com o tempo e concentração.

A osmose inversa possibilitou que se obtivesse a concentração de 31° Brix para o suco ultrafiltrado de banana. Entre as duas pressões transmembrana estudadas (40 e 60 bar), os processos à 60 bar apresentaram melhores resultados. Dentre esses processos, o do suco ultrafiltrado à 6 bar foi o melhor devido ao maior fluxo de permeado (27,8 L/hm²), menor tempo de processo e maior índice de concentração.

Uma possível aplicação do extrato concentrado de banana por osmose inversa é produção de licor. Os testes realizados mostraram a obtenção de um licor muito claro, de cor amarelada, transparente e sem nenhuma precipitação ou turvação.

A análise sensorial do licor de banana mostrou que este foi bem aceito, já que 74% das pessoas entrevistadas gostaram do licor, principalmente devido ao aroma e sabor de banana. Com isso, o licor é uma boa alternativa de uso ao extrato concentrado de banana por osmose inversa.

Assim concluindo, o trabalho desta tese atingiu o objetivo proposto. Uma sugestão para desenvolvimento de trabalhos futuros, seria o estudo da produção do suco de banana sem a inibição prévia da polifenol oxidase por metabissulfito de sódio e ácido ascórbico, para assim, verificar se o suco de cor marrom após ser clarificado pela ultrafiltração, não apresentaria alterações de sabor, atividade de polifenol oxidase e cor inaceitável. Segundo MAIER *et alii* (1994), estudos neste sentido estão sendo realizados para suco de maçã, no qual a polifenol oxidase é adicionada no processo a fim de provocar o escurecimento no suco, e a ultrafiltração posterior pode remover os componentes da cor marrom, produzindo um suco de cor mais estável e clara. Poderia, portanto, também ser avaliado para suco de banana.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, M.E.M.; NOGUEIRA, J.N. The Control of Polyphenol Oxidase Activity in Fruits and Vegetables. A Study of the Interactions between the Chemical Compounds Used and Heat Treatment. Plant Foods for Human Nutrition 47 (3): 245-256, 1995.
2. AMAR, R.B.; GUPTA, B.B.; JAFFRIN, M.Y. Apple Juice Clarification using Mineral Membranes: Fouling Control by Backwashing and Pulsating Flow. Journal of Food Science 55 (6): 1620-1625, 1990.
3. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Recommended Practice for Establishing Conditions for Laboratory Sensory Evaluation of Foods and Beverages. Philadelphia, 1973.
4. ANON. Reverse Osmosis for Juices. Food Engineering International, (5): 44-45, 1983.
5. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis. Washington, 1980.
6. BRADDOCK, R.J.; SADLER, G.D.; CHEN, C.S. Reverse Osmosis Concentration of Aqueous-Phase Citrus Juice Essence. Journal of Food Science 56 (4): 1027-1029, 1991.
7. CANO, P.; MARÍN, M.A.; FÚSTER, C. Effects of Some Thermal Treatments on Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activities of Banana. Journal of Science and Food Agriculture 51: 223-231, 1990.
8. CAPANNELLI, G.; BOTTINO, A.; MUNARI, S.; BALLARINO, G.; MIRZAIAN, H.; RISPOLI, G.; LISTER, D.G.; MASCHIO, G. Ultrafiltration of Fresh Orange and Lemon Juices. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 25: 518-522, 1992.

9. CARVALHO,R.; HASHIZUME,T.; MIYA, E.E.; BLEINROTH, E.W. Elaboração de Licores de Frutas Tropicais e Outros. ITAL, Campinas, 1975 (não publicado).
10. CHAMCHONG,M. & NOOMHORM,A. Effect of pH and Enzymatic Treatment on Microfiltration and Ultrafiltration of Tangerine Juice. Journal of Food Process Engineering 14: 21-34, 1991.
11. CHOU, F.; WILEY, R.C.; SCHILIMME, D.V. Reverse Osmosis and Flavour in Apple Juice Concentration. Journal of Food Science 56 (2): 484-487, 1991.
12. CHUA, H. T.; RAO, M.A.; ACREE, T.E.; CUNNINGHAM, D.G. Reverse Osmosis Concentration of Apple Juice: Flux and Flavor Retention by Cellulose Acetate and Polyamide Membranes. Journal of Food Process Engineering 9: 231-245, 1987.
13. DE MARTIN, Z.; BLEINROTH, E.W.; MARSAIOLI, A. Industrialização da Banana. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos 32 (12): 39-69, 1972.
14. DE MARTIN, Z.; TRAVAGLINI, D.A.; OKADA, M.; QUAST, D.G.; HASHIZUME; T. Banana - Processamento: Produtos, Características e Utilização. Série Frutas Tropicais nº 3 - ITAL, 302 p., 1985.
15. DUDLEY, E.D.; HOTCHKISS, J.H. Cysteine as an Inhibitor of Polyphenol Oxidase. Journal of Food Biochemistry 13: 65-75, 1989.
16. DUPAIGNE, P.; DALNIC, R. Boissons Nouvelles a Base de Fruits. Fruits, Paris 20: 571-575, 1965.
17. DUPAIGNE, P. A Propos de l'Extraction d'un Jus de Banana en Vue de la Production de la Bière de Banana. Fruits, Paris 29 (12): 821-822, 1974.

18. DUXBURY, D.D. Apple, Pear Juice Concentrates 100% pure. Food Processing (4): 78-80, 1992.
19. EL-SHIMI, N.M. Control of Enzymatic Browning in Apple Slices by Using Ascorbic Acid under Different Conditions. Plant Foods for Human Nutrition 43: 71-76, 1993.
20. EMBS, R.J. & MARKAKIS, P. The Mechanism of Sulfite Inhibition of Browning Caused by Polyphenol Oxidase. Journal of Food Science 30: 753-758, 1965.
21. GALEAZZI, M.A.M.; SGARBIERI, V.C. Substrate Specificity and Inhibition of Polyphenol Oxidase (PPO) from a Dwarf Variety of Banana (*Musa Cavendishii*, L.) Journal of Food Science 46: 1404-1406, 1981.
22. GAHLMANN, M: Developmental Tendencies in Fruit Juice Production. Food Marketing & Technology (8): 36-38, 1993.
23. GEIGER, K. Industrial Processing of Tropical Fruit at an Industrial Indian Plant. Food Processing 4 (3): 75-83, 1994.
24. GOUS, F. VAN WYK, P.J.; MCGILL, A.E.J. The Use of Commercial Enzymes in the Processing of Bananas. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 20 (5): 229-232, 1987.
25. HACKERT, R.; SWIENTEK, R.J. Ultrafiltration System Clarifies 25.000 gal/day of Apple Juice. Food Processing 40 (1): 80-81, 1986.
26. HASHIZUME, T.; CUOCO, A.C.; MIYA, E.E.; DRAETTA, I.S. Processamento do Licor de Maracujá. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos 48 (12): 97-116, 1976.

27. HERNANDEZ, E.; CHEN, C.S.; SHAW, P.E.; CARTER, R.D.; BARROS, S. Ultrafiltration of Orange Juice: Effect on Soluble Solids, Suspended Solids and Aroma. Journal of Agriculture and Food Chemistry 40: 968-988, 1992.
28. IYENGAR, R.; McEVILY, A.J. Anti-Browning Agents: Alternatives to the Use of Sulfites in Foods. Trends in Food Science & Technology (3): 60-64, 1992.
29. JACQUEMET, M.J.C. Récents Développements en Ultrafiltration dans le Domaine de l'Industrie Alimentaire. Industries Alimentaires et Agricoles 93: 557-565, 1976.
30. JALEEL, S.A.; BASAPPA, S.C.; SREEKANTIAH, K.R. Developmental Studies on Certain Aspects of Enzymic Processing of Banana: 1. Laboratory Investigations. Indian Food Packer (3/4): 17-21, 1978.
31. JOHNSON, J.R.; BRADDOCK, R.J.; CHEN, C.S. Kinetics of Ascorbic Acid Loss and Nonenzymatic Browning in Orange Juice Serum: Experimental Rate Constants. Journal of Food Science 60 (3): 502-505, 1995.
32. JOSHI, V.K.; CHAUHAN, S.K.; LAL, B.B. Extraction of Juices from Peaches, Plums and Apricots by Pectinolytic Treatment. Journal of Food Science and Technology 28 (1): 64-65, 1991.
33. KAHN, V. Effect of Proteins, Protein Hydrolyzates and Amino Acids on Dihydroxyphenolase Activity of Polyphenol Oxidase of Mushroom, Avocado and Banana. Journal of Food Science 50: 111-115, 1985.
34. KIRK, D.E.; MONTGOMERY, M.W.; KORTEKAAS, M.G. Clarification of Pear Juice by Hollow Fiber Ultrafiltration. Journal of Food Science 48: 1663-1666, 1983.

35. KITSON, J.A.; MACGREGOR, D.R. Technical Note: Drying Fruit Purées on an Improved Pilot Plant Drum-Drier. Journal of Food Technology 17 (2): 285-288, 1982.
36. KÖSEOĞLU, S.S.; LAWHON, J.T.; LUSAS, E.W. Use of Membranes in Citrus Juice Processing. Food Technology 44 (12): 90-97, 1990.
37. KÖSEOĞLU, S.S.; LAWHON, J.T.; LUSAS, E.W. Vegetable Juices Produced with Membrane Technology. Food Technology 45 (1): 124, 126-128, 1991.
38. KUMAR, C.G.; KANAWIJA, S.K.; LADKANI, B.G.; SINGH, S. Recent Advantages in the Processing of Fruit Juices. Indian Dairyman 44 (4): 167-179, 1992.
39. LOURENÇO, E.J.; NEVES, V.A.; DA SILVA, M.A. Inhibition of Heart-of-Palm Polyphenol Oxidase (PPO) by Some Compounds. Ciência e Tecnologia de Alimentos 12 (1): 83-90, 1992.
40. MAIER, G.; FREI, M.; WUCHERPFENNIG, K.; DIETRICH, H.; RITTER, G. Innovative Processes for Production of Ultrafiltered Apple Juices and Concentrates. Fruit Processing 4 (5): 134-136, 138, 1994.
41. MALDONADO, J. Membranas e Processos de Separação. Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, 1991.
42. MARKAKIS, P. & EMBS, R.J. Effect of Sulfite and Ascorbic Acid on Mushroom Phenol Oxidase. Journal of Food Science 31: 807-811, 1966.
43. MARTINEZ, M.V.; WHITAKER, J.R. The Biochemistry Control of Enzymatic Browning. Trends in Food Science & Technology (6): 195-200, 1995.

44. McCORD, J.D. & KILARA, A. Control of Enzymatic Browning in Processed Mushrooms. Journal of Food Science 48: 1479-1483, 1983.
45. MEDINA, B.G. & GARCIA III, A. Cocentration of Orange Juice by Reverse Osmosis. Journal of Food Process Engineering 10: 217-230, 1988.
46. MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V., CARR, B.T. Sensory Evaluation Techniques. Boca Raton: CRC Press, 1987, 159 p.
47. McCORD, J.D. & KILARA, A. Control of Enzymatic Browning in Processed Mushrooms. Journal of Food Science 48: 1479-1483, 1983.
48. MIHÁLYI, K; VÁMOS-VIGYAZÓ, L. A Method for Determining Polyphenol Oxidase Activity in Fruits and Vegetables Applying a Natural Substrate. Acta Alimentaria 5 (1): 69-85, 1976.
49. MÓSLANG, H. Ultrafiltration in the Fruit Juice Industry. Confructa Studien 3 (5/6): 219-224, 1984.
50. MUNYANGANIZI, B.; COPPENS, R. Extraction du Jus de Banane. Industries Alimentaires et Agricoles 91 (3): 185-191, 1974.
51. MUNYANGANIZI, B.; COPPENS, R. Etude Comparative de Deux Procédés d'Extraction du Jus de Banana Appliqués à Deux Variétés Différentes. Industries Alimentaires et Agricoles 93: 707-711, 1976.
52. NOGUEIRA, J.N. Influence of Some Processing Methods on the Quality of Apple Slices. Archivos Latinoamericanos de Nutricion: 205-214, 1976.

53. OBERMEYER, H.D.; KULOZIK, U.; KESSLER, H.G. Controlled deposit to Influence the Retention of Solutes in Reverse Osmosis and Ultrafiltration. Desalination 90 (1/3): 161-172, 1993.
54. OSZMIANSKI, J.; LEE, C.Y.; Inhibition of Polyphenol Oxidase Activity and Browning by Honey. Journal of Agriculture and Food Chemistry 38: 1892-1895, 1990.
55. PAROZ, P.R. Tropical Fruits and Food Ingredients. Food Australia 42 (5): 273-275, 1990.
56. PARK, Y.K.; SATO, H.H.; ALMEIDA, T.D.; MORETTI, R.H. Polyphenol Oxidase of Mango. Journal of Food Science 45: 1619-1621, 1980.
57. PAULSON, D.J.; WILSON, R.L.; SPATZ, D.D. Crossflow Membrane Technology and its Applications. Food Technology (12): 77-87, 1984.
58. PAULSON, D.J.; WILSON, R.L.; SPATZ, D.D. Reverse Osmosis and Ultrafiltration Applied to the Processing of Fruit Juices. Reverse Osmosis and Ultrafiltration, cap. 25, p. 325-344, 1985.
59. PHEANTAVEERAT, A.; ANPRUNG, P. Effect of Pectinases, Cellulases and Amylases on Production of Banana Juice. Food 23 (3): 188-196, 1993.
60. PIZZOCARO, F.; TORREGGIANI, D.; GILARDI, G. Inhibition of Apple Polyphenol Oxidase (PPO) by Ascorbic Acid, Citric Acid and Sodium Chloride. Journal of Food Processing and Preservation 17: 21-30, 1993.
61. PONTING, J.D.; JACKSON, R.; WATTERS, G. Refrigerated Apple Slices: Preservative Effects of Ascorbic Acid, Calcium and Sulfités. Journal of Food Science 37: 434-436, 1972.

62. POIX, A; ROUET-MAYER, M.A.; PHILIPPON, J. Action Combinée des Chlorures et de l'Acide Ascorbique sur l'Inhibition des Brunissements Enzymatiques d'un Broyat de Pommes. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 14: 105-110, 1980.
63. PORRETTA, S.; CARPI, G.; DALL'AGLIO, G.; GHIZZONI, C. Use of Ultrafiltration for Preparing Improved Tomato Pulp. International Journal of Food Science and Technology 27: 427-433, 1992.
64. RAMTEKE, R.S.; SINGH, N.I.; REKHA, M.N.; EIPESON, W.E. Methods for Concentration of Fruit Juices: A Critical Evaluation. Journal of Food Science and Technology 30 (6): 391-402, 1993.
65. RAO, M.A.; ACREE, T.E.; COOLEY, H.J.; ENNIS, R.W. Clarification of Apple Juice by Hollow Fiber Ultrafiltration: Fluxes and Retention of Odor-Active Volatiles. Journal of Food Science 52 (2): 375-377, 1987.
66. RICHARD, J.P. Clarification en Continu des Jus de Pommes. Industries Alimentaires et Agricoles 90 (6): 767-776, 1973.
67. SAPERS, G.M. & ZIOLKOWSKI, M.A. Comparison of Erythorbic and Ascorbic Acids as Inhibitors of Enzymatic Browning in Apple. Journal of Food Science 52 (6): 1732-1733 e 1747, 1987.
68. SAPERS, G.M.; HICKS, K.B.; PHILLIPS, J.G.; GARZARELLA, L.; PONDISH, D.L.; MATULAITIS, R.M.; McCORMACK, T.J.; SONDEY, S.M.; SEIB, P.A.; EI-ATAWY, Y.S. Control of Enzymatic Browning in Apple with Ascorbic Acid Derivatives, Polyphenol oxidase Inhibitors, and Complexing Agents. Journal of Food Science 54 (4): 997-1002 e 1012, 1989.

69. SAYAVEDRA-SOTO, L.A.; MONTGOMERY, M.W. Inhibition of Polyphenol Oxidase by Sulfite. Journal of Food Science 51 (6): 1531-1536, 1986.
70. SENSORY EVALUATION DIVISION OF THE INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory Evaluation Guide for Testing Food and Beverage Products. Food Technology 46 (11): 24-34, 1974.
71. SHEU, M.J.; WILEY, R.C. Preconcentration of Apple Juice by Reverse Osmosis. Journal of Food Science 48: 422-429, 1983.
72. SHEU, M.J.; WILEY, R.C. Influence of Reverse Osmosis on Sugar Retention in Apple Juice Concentration. Journal of Food Science 49: 304-305, 1984.
73. SHNEIDER, T. & CZECH, B. Fruit Juice Processing - A View to Advance Strategies. Fruit Processing 4 (10): 302-306, 1994.
74. SIMS, C.A. & BATES, R.P. Challenges to Processing Tropical Fruit Juices: Banana as an Example. Proceedings of the Florida State Horticultural Society 107: 315-319, 1994.
75. SINGHAGAJEN, S. McBEAN, D.M. Foam-Mat Drying of Bananas. CSIRO Fd Preserv. Q. 28 (3-4): 43-45, 1968.
76. SREEKANTIAH, K.R.; JALEEL, S.A.; RAMACHANDRA RAO, T.N. Utilization of Fungal Enzymes in the Liquefaction of Soft Fruits and Extraction and Clarification of Fruit Juices. Journal of Food Science & Technology 8 (12): 201-203, 1971.
77. SREENATH, H.K.; SANTHANAM, K. The Use of Commercial Enzymes in White Grape Juice Clarification. Journal of Fermentation and Bioengineering 73 (3): 241-243, 1992.

78. TOCCHINI, R.P.; LARA, J.C.C. Industrialização do Suco de Banana Simples e Concentrado. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos 51 (5/6): 93-112, 1977.
79. VAIMAKIS, V.; ROUSSIS, I.G.; Must Oxygenation and Polyphenol Oxidase Inhibition and the Oxidation of White Wine. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie 26: 133-137, 1993.
80. VALERO, E.; VARÓN, R.; CARMONA, F.C. Kinetic Study of the Effect of Metabisulfite on Polyphenol Oxidase. Journal of Agriculture and Food Chemistry 40: 904-908, 1992.
81. VÍQUEZ, F.; LASTRETO, C.; COOKE, R.D. A Study of the Production of Clarified Banana Juice Using Pectinolytic Enzymes. Journal of Food Science and Technology 16: 115-125, 1981.
82. WALKER, J.R.L. The control of Enzymic Browning in Fruit Juices by Cinnamic Acids. Journal of Food Technology 11: 341-345, 1976.
83. WANI, M.A.; SAINI, S.P.S. Processing of Plums. Journal of Food Science and Technology 27 (5): 304-306, 1990.
84. WEAVER, C; CHARLEY, H. Enzymatic Browning of Ripening Bananas. Journal of Food Science 39: 1200-1202, 1974.
85. WILSON, E.L.; BURNS, D.J.W. Kiwifruit Juice Processing Using heat Treatment Techniques and Ultrafiltration. Journal of Food Science 48: 1101-1105, 1983.
86. YLIDIZ, F; BOZKURT, M.; WILEY, R.C. Comparison of Reverse Osmosis and Evaporation Processing on the Quality Characteristics of Tomato Concentrates. Food Control 4 (3): 155-158, 1993.

87. YU, R.Z.; CHIANG, B.H.; HWANG, L.S. Retention of Passion Fruit Juice Compounds by Ultrafiltration. Journal of Food Science 51 (3): 841-844, 1986.

88. ZAWISTOWSKI, J.; BLANK, G.; MURRAY, E.D. Inhibition of Enzymatic Browning in Extracts of Jerusalem Artichoke. Journal of Canadian Institute of Food Science and Technology 20 (3): 162-165, 1987.

ANEXO A

Tabela A.1 - Médias entre 3 processamentos de ultrafiltração à pressão transmembrana de 6 bar (UF 1)

Tempo (hora)	Volume permeado (Litro)	Fluxo permeado (L/hm ²)	Fator concentração
0,09	0,5	7,7	1,1
0,20	1,0	6,3	1,1
0,32	1,5	5,8	1,2
0,44	2,0	5,8	1,3
0,57	2,5	5,3	1,4
0,71	3,0	5,0	1,6
0,85	3,5	5,0	1,8
1,00	4,0	4,6	2,0
1,15	4,5	4,6	2,3
1,31	5,0	4,3	2,7
1,47	5,5	4,3	3,2
1,64	6,0	4,1	4,0

Tabela A.2 - Médias entre 3 processamentos de ultrafiltração à pressão transmembrana de 8 bar (UF 2)

Tempo (hora)	Volume permeado (Litro)	Fluxo permeado (L/hm ²)	Fator concentração
0,09	0,5	7,7	1,1
0,20	1,0	6,3	1,1
0,32	1,5	5,8	1,2
0,44	2,0	5,8	1,3
0,57	2,5	5,3	1,4
0,71	3,0	5,0	1,6
0,86	3,5	4,6	1,8
1,02	4,0	4,3	2,0
1,19	4,5	4,1	2,3
1,37	5,0	3,9	2,7
1,56	5,5	3,6	3,2
1,83	6,0	2,6	4,0

ANEXO B

Tabela B.1 - Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 40 bar do suco ultrafiltrado à 6 bar (OI 1 - UF 1)

Tempo (h)	Volume permeado (L)	Brix concentrado	Fluxo permeado (L/hm ²)	Fc
0,03	0,2	18	9,3	1,1
0,06	0,4	18,8	9,3	1,2
0,11	0,6	19,8	5,5	1,3
0,19	0,8	21	3,5	1,4
0,32	1,0	22,2	2,1	1,5
0,54	1,2	23,4	1,3	1,7
0,87	1,4	24,8	0,8	1,9
1,33	1,6	26	0,6	2,1
1,90	1,8	27,4	0,5	2,5

Tabela B.2 - Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 60 bar do suco ultrafiltrado à 6 bar (OI 2 - UF 1)

Tempo (h)	Volume permeado (L)	Brix concentrado	Fluxo permeado (L/hm ²)	Fc
0,01	0,2	18,2	27,8	1,1
0,02	0,4	18,6	27,8	1,2
0,04	0,6	19,2	13,9	1,3
0,06	0,8	20,4	13,9	1,4
0,09	1,0	21,8	9,3	1,5
0,12	1,2	23,2	9,3	1,7
0,18	1,4	25,2	4,6	1,9
0,33	1,6	29,2	1,9	2,1
0,61	1,8	30,8	1,0	2,5

Tabela B.3 - Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 40 bar do suco ultrafiltrado à 8 bar (OI 1 - UF 2)

Tempo (h)	Volume permeado (L)	Brix concentrado	Fluxo permeado (L/hm ²)	Fc
0,03	0,2	16,2	9,3	1,1
0,06	0,4	17	9,3	1,2
0,10	0,6	18,2	6,9	1,3
0,15	0,8	19,4	5,6	1,4
0,22	1,0	21	3,9	1,5
0,38	1,2	22,2	1,8	1,7
0,64	1,4	23,6	1,1	1,9
1,08	1,6	25	0,6	2,1
1,67	1,8	25,8	0,5	2,5

Tabela B.4 - Médias entre 3 processamentos de osmose inversa à 60 bar do suco ultrafiltrado à 8 bar (OI 2 - UF 2)

Tempo (h)	Volume permeado (L)	Brix concentrado	Fluxo permeado (L/hm ²)	Fc
0,01	0,2	17	27,8	1,1
0,03	0,4	18	13,9	1,2
0,05	0,6	19	13,9	1,3
0,07	0,8	20,2	13,9	1,4
0,11	1,0	22	6,9	1,5
0,16	1,2	23,6	5,5	1,7
0,29	1,4	25,6	2,2	1,9
0,52	1,6	27,6	1,2	2,1
0,90	1,8	29,4	0,7	2,5

ANEXO C

Ficha da avaliação de aceitabilidade de licor de banana

Data: _____

Por favor, responda às seguintes questões:

Idade: _____

Sexo: Feminino
 Masculino

Experimente o licor. Marque na escala abaixo o termo que melhor expressa sua opinião.

Você gostou do licor ?

Gostei muito ()	Gostei ligeiramente ()	Nem gostei nem desgostei ()	Desgostei ligeiramente ()	Desgostei muito ()
------------------------	-------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	---------------------------

O que você achou do aroma ?

Bom ()	Regular ()	Ruim ()
------------	----------------	-------------

O que você achou do teor de álcool ?

Muito forte ()	Bom ()	Muito fraco ()
--------------------	------------	--------------------

O que você achou do teor de açúcar ?

Muito doce ()	Bom ()	Pouco doce ()
-------------------	------------	-------------------

O que você mais **gostou** no licor ? _____

O que você mais **desgostou** no licor ? _____

Você compraria este licor ? Sim
 Não

Figura C.1. Ficha da avaliação de aceitabilidade de licor de banana

ANEXO D

Tabela D.1 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao gostar (em %)

População	Gostei muito	Gostei ligeiramente	Nem gostei/nem desgostei	Desgostei ligeiramente	Desgostei muito
Feminino	13	50	12	17	8
Masculino	17	50	13	17	3
Total	15	50	12,5	17	4,5

Tabela D.2 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao aroma de banana (em %)

População	Bom	Regular	Ruim
Feminino	58	38	4
Masculino	50	40	10
Total	54	39	7

Tabela D.3 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao teor alcoólico (em %)

População	Muito forte	Bom	Muito fraco
Feminino	67	29	4
Masculino	60	4	0
Total	63,5	34,5	2

Tabela D.4 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação à doçura (em %)

População	Muito doce	Bom	Pouco doce
Feminino	33	67	0
Masculino	40	57	3
Total	37,5	61	1,5

Tabela D.5 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao que mais gostou no licor (em %)

População	Aroma	Sabor	Doçura	Consistência	Cor	Teor alcoólico	Transparência
Feminino	40	28	4	8	8	8	4
Masculino	38	42	12	4	4	0	0
Total	39	35	8	6	6	4	2

Tabela D.6 - Avaliação da aceitabilidade de licor de banana de 19º GL com relação ao que mais desgostou no licor (em %)

População	Alto teor alcoólico	Muito doce	Aroma	Separação álcool-banana	Sabor residual	Baixo teor alcoólico
Feminino	48	24	14	9	0	5
Masculino	39	39	14	4	4	0
Total	43,5	31,5	14	6,5	2	2,5

ERRATA

p. vii - Lê-se: production of a banana extract by ultrafiltration containing no polyphenol oxidase and its concentration by reverse osmosis.

p. 22 - Lê-se no 3º parágrafo: determinaram os melhores métodos para reduzir a viscosidade e ...

... do suco no escurecimento e alterações sensoriais.

p. 31 - Lê-se no 1º parágrafo: A pressão média através da membrana foi de 4,76 a 4,85 MPa.

p. 35 - Lê-se no 1º parágrafo: O fluxo de permeado para pressão transmembrana de 6,21 MPa, foi...

p. 77 - Lê-se no 2º parágrafo: Já para a consistência do licor,...

p. 84 - Lê-se no 2º parágrafo: ... provocar o escurecimento no suco, e a ultrafiltração posterior...