UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS

LEILSON DE OLIVEIRA RIBEIRO

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS PARA CONSERVAÇÃO DE SUCO DE UMBU E DE SEUS COMPOSTOS BIOATIVOS

Rio de Janeiro

2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
ESCOLA DE QUÍMICA

Leilson de Oliveira Ribeiro

Avaliação de processos para a conservação de suco de umbu e de seus compostos bioativos

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadoras:
Profª Drª Suely Pereira Freitas
Drª Virgínia Martins da Matta

Rio de Janeiro
2014

Ribeiro, Leilson de Oliveira.

Avaliação de processos para a conservação de suco de umbu e de seus compostos bioativos / Leilson de Oliveira Ribeiro – 2014.

113 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Rio de Janeiro, 2014.

Orientadoras: Suely Pereira Freitas e Virgínia Martins da Matta

1. Suco de umbu. 2. Pasteurização. 3. Microfiltração 4. Compostos bioativos I. Freitas, Suely Pereira (Orient.). II. Matta, Virgínia Martins da (Orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Escola de Química. III. Título.

Leilson de Oliveira Ribeiro

AVALIAÇÃO DE PROCESSOS PARA A CONSERVAÇÃO DE SUCO DE UMBU E DE SEUS COMPOSTOS BIOATIVOS

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química/UFRJ, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências.

Aprovada por:

_____

Suely Pereira Freitas, D. Sc. (Orientadora e presidente da banca)
Escola de Química/UFRJ

_____

Virgínia Martins da Matta, D. Sc. (Orientadora)
Embrapa Agroindústria de Alimentos

_____

Renata Torrezan, D. Sc.
Embrapa Agroindústria de Alimentos

_____

Neusa Pereira Arruda, D. Sc.
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro/IFRJ

_____

Karen Signori Pereira, D. Sc.
Escola de Química/UFRJ

Rio de Janeiro, 12 de março de 2014.

À minha família, em especial,

à minha querida mãe, exemplo de garra e determinação,

por todo o apoio.

Dedico

Agradecimentos

A Deus, pela força durante esta caminhada;

À UFRJ, em particular ao Programa de TPQB;

À Embrapa Agroindústria de Alimentos, por disponibilizar suas instalações para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao Cnpq, pelo auxílio financeiro;

Às minhas orientadoras, Suely e Virgínia, pela confiança e dedicação durante a realização deste trabalho;

A toda equipe da Embrapa Agroindústria de Alimentos em especial, ao "Filé", "Chorão" e William da Planta, Manuela, Luzimar, Sidney, Renata Borguini e Ronoel do Laboratório de CLAE, Claudinha, José Carlos e Daniela da sensorial e Érika e Selma do Laboratório de Processos Fermentativos;

Aos amigos Mariana, Elaine, Thainá, Nátali, Jéssica, André, Carol, Aline, Davi, Crislen, Rodrigo, Juliana Lopes, Isabelle e Juliana Carvalho, pelos momentos de descontração na Embrapa;

Tati, Rozana e Diego, pelo apoio nos momentos de desespero;

Aos amigos da "Terrinha", Gracielie e Binho, Ricardo, Milane e Lolo por entenderem minha ausencia;

Aos amigos da USS, Gi, Fernando e Loane;

Aos amigos da Escola de Química, Mariana, Érica e Luciana pelo companheirismo durante a realização das disciplinas;

Ao pessoal do Laboratório de Processamento de Matérias Primas Vegetais da EQ-UFRJ;

À minha querida Prof ª Cristiane Pereira, por todo suporte e incentivo pra que eu chegasse até aqui;

Aos meus irmãos e sobrinhos lindos, que me inspiram a vencer a cada dia;

Aos meus pais, pelo amor e cuidado;

E a todos que me apoiaram, direta ou indiretamente, nesta fase muito especial para mim.

Obrigado!

RESUMO

RIBEIRO**,** Leilson de Oliveira. Avaliação de processos para conservação de suco de umbu e de seus compostos bioativos. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

O Nordeste brasileiro dispõe de uma diversidade de frutos dos quais se pode destacar o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) tanto pelo seu sabor agradável e sua suculência quanto pela sua importância para o desenvolvimento do semiárido. Grande parte de sua produção se perde devido à sua alta perecibilidade, o que faz com que a sua comercialização seja, principalmente, sob a forma de polpa congelada. O objetivo deste estudo foi, então, avaliar processos tecnológicos visando à agregação de valor à cadeia do umbu. Inicialmente, estudou-se a pasteurização do suco de umbu, determinando-se as condições operacionais (86 °C / 25 s) nas quais a qualidade microbiológica foi assegurada e os compostos bioativos e a cor instrumental sofreram menor degradação. Verificou-se, ainda, que a estabilidade, tanto microbiológica quanto físico-química, do suco pasteurizado armazenado a 6 °C por 90 dias, foi mantida. O suco pasteurizado foi também utilizado na elaboração de néctares de umbu, sendo que duas dentre as 11 formulações avaliadas obtiveram boa aceitação, com notas iguais a 6,4 e 6,5. Na segunda etapa, foram determinadas as condições de processo para obtenção de suco de umbu clarificado por microfiltração em membranas cerâmicas (3,5 bar e 35 ^{o}C), que necessitou um pré-tratamento enzimático associado à centrifugação.. O fluxo permeado médio da microfiltração do suco de umbu ficou entre 78 a 61 kg $h^{-1}m^{-2}$. O suco de umbu clarificado armazenado a 6° C por 90 dias também apresentou estabilidade microbiológica e físico-química, além de pouca alteração nos teores de compostos bioativos e de cor instrumental. Pode-se concluir que ambos os processos, pasteurização e microfiltração, representaram alternativas viáveis para obtenção de produtos estáveis de umbu.

Palavras chaves: suco de umbu, pasteurização, microfiltração e compostos bioativos.

ABSTRACT

RIBEIRO**,** Leilson de Oliveira. Avaliação de processos para conservação de suco de umbu e de seus compostos bioativos. Rio de Janeiro, 2014. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The Brazil Northeast has a great diversity of fruits. Among these fruits umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) stands both for its delightful taste and juicy and for its importance on the Brazilian semiarid region development. Because of its high perishability, great part of its production is lost, being the commercialization as frozen pulp one alternative for preservation. The objective of this study was to evaluate technological processes aimed at adding value to the umbu's productive chain. Initially, the pasteurization of umbu juice was studied and the best operational conditions (86 ^{o}C/25 s) were established regarding microbiological safety and minimization of bioactive compounds and color degradation of the juice. Both microbiological and physicochemical stability were maintained when the pasteurized umbu juice was stored for 90 days at 6 ^{o}C. The pasteurized juice was also used as basis for umbu nectar development. From 11 formulations evaluated, two were well accepted, getting notes between 6.4 and 6.5. On the second step of the work, the process conditions for obtaining clarified umbu juice by microfiltration ceramic membranes (3.5 bar and 35 °C) were determined. An enzymatic pre-treatment followed by centrifugation was required. The average permeate flux microfiltration of umbu juice was between 78 and 61 kg $h^{-1}m^{-2}$. Umbu clarified juice stored at 6 ° C for 90 days also showed microbiological and physicochemical stability, and little changes in the content of bioactive compounds and instrumental color. It was concluded that both processes, pasteurization and microfiltration, represented viable alternatives for obtaining stable umbu products.

Key words: umbu juice, pasteurization, microfiltration and bioactive compounds.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - O umbuzeiro. 21
Figura 3.2 a e b - Frutos de umbu em estádios de maturação diferentes. 22
Figura 3.3 - Estrutura química da quercetina. Fonte: Wang et al., 2011. 25
Figura 3.4 - Estrutura química da rutina. Fonte: Wang et al., 2011. 26
Figura 3.5 - Estrutura de alguns carotenoides. Fonte: Barreto, 2008. 27
Figura 3.6 - Alguns processos de filtração por membranas e suas aplicações. 30
Figura 3.7 - Métodos de filtração utilizados nos processos de separação por membranas. 31
Figura 5.1 - Cromatograma com os flavonoides do suco de umbu obtidos por CLAE com detector de arranjo de diodos a 260 nm. 47
Figura 5.2 - Perfil cromatográfico de carotenoides no suco de umbu obtidos por CLAE com detector de arranjo de diodos a 450 nm. 48
Figura 5.3 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre o pH do suco de umbu. 52
Figura 5.4 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre os sólidos solúveis do suco de umbu. 52
Figura 5.5 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a acidez do suco de umbu. 53
Figura 5.6 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre o teor de carotenoides do suco de umbu. 54
Figura 5.7 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre o teor de fenólicos do suco de umbu. 55
Figura 5.8 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a atividade antioxidante do suco de umbu. 56
Figura 5.9 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a luminosidade (L*) do suco de umbu. 58
Figura 5.10 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a cor (parâmetro a*) do suco de umbu. 59
Figura 5.11 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a cor (parâmetro b*) do suco de umbu. 60
Figura 5.12 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a cor (ângulo Hue) do suco de umbu. 61

Figura 5.13 - Efeito das concentrações de suco e de açúcar sobre a aceitação do néctar de umbu.....65
Figura 5.14 - Condições selecionadas para a diluição e doçura de um néctar de umbu.....65
Figura 5.15 - Comportamento dos parâmetros de cor (L* e H°) do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.....67
Figura 5.16 - Comportamento da intensidade da cor amarela (b*) do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.....68
Figura 5.17 - Comportamento do teor de carotenoides do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.....69
Figura 5.18 - Comportamento do teor de compostos fenólicos totais (FT) e atividade antioxidante (AA) do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C..... 70
Figura 5.19 - Comportamento da acidez e do pH do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.....71
Figura 5.20 - Comportamento dos sólidos solúveis do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C. 72
Figura 5.21 - Comportamento reológico a 25 °C do suco de umbu hidrolisado com diferentes complexos enzimáticos e do controle.....73
Figura 5.22 - Comportamento reológico a 35 °C do suco de umbu hidrolisado com diferentes complexos enzimáticos e do controle.....74
Figura 5.23 - Comportamento reológico a 45 °C do suco de umbu hidrolisado com diferentes complexos enzimáticos e do controle..... 74
Figura 5.24 - Permeabilidade ao suco de umbu em membrana cerâmica de microfiltração a 35°C.....76
Figura 5.25 - Comportamento do fluxo de permeado em função do tempo na microfiltração do suco de umbu a 35 °C em membranas cerâmicas.....77
Figura 5.26 - Fator de concentração em função do tempo durante a microfiltração do suco de umbu a 35 °C em membranas cerâmicas.....77
Figura 5.27 - Diagrama de blocos do processo de microfiltração do suco de umbu com balanço de massas.....79
Figura 5.28 - Comportamento do fluxo do permeado durante o tempo de processo de clarificação do suco de umbu em membranas cerâmicas a 35 °C.....80
Figura 5.29 - Fator de concentração volumétrica do processo de microfiltração do suco de umbu a 35 °C em membranas cerâmicas..... 80

Figura 5.30 - Frações obtidas no processo de clarificação do suco de umbu por membranas a 35 °C. 85
Figura 5.31 – Comportamento dos parâmetros de cor (L* e H°) do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C. 88
Figura 5.32 - Comportamento dos compostos fenólicos e atividade antioxidante do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C. 89
Figura 5.33 - Comportamento do pH e acidez do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C. 90
Figura 5.34 - Comportamento dos sólidos solúveis do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C. 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Variáveis reais e codificadas do planejamento fatorial completo para a pasteurização do suco de umbu. 38
Tabela 4.2 - Variáveis reais e codificadas do delineamento composto central rotacional para a formulação de um néctar de umbu. 39
Tabela 5.1 - Características químicas do suco de umbu. 45
Tabela 5.2 – Composição em minerais do suco de umbu. 46
Tabela 5.3 - Compostos bioativos e atividade antioxidante do suco de umbu. 46
Tabela 5.4 - Qualidade microbiológica do suco de umbu pasteurizado e do controle nas diferentes condições do planejamento experimental. 50
Tabela 5.5 - Características físico-químicas do suco de umbu pasteurizado e do controle nas diferentes condições do planejamento experimental. 51
Tabela 5.6 - Carotenoides totais, fenólicos totais e atividade antioxidante do suco de umbu pasteurizado e do controle nas diferentes condições do planejamento experimental. 53
Tabela 5.7 - Parâmetros de cor instrumental para o suco de umbu pasteurizado e para o controle nas diferentes condições do planejamento experimental. 57
Tabela 5.8 – Características químicas, compostos bioativos, atividade antioxidante, cor instrumental e qualidade microbiológica do suco de umbu pasteurizado a 86 ^{o}C/25 s e do controle. 62
Tabela 5.9 - Teor de sólidos solúveis e notas médias atribuídas a cada uma das formulações de néctar de umbu do delineamento experimental. 64

Tabela 5.10 - Avaliação microbiológica do suco de umbu pasteurizado e armazenado a 6 °C. 66
Tabela 5.11 - Perfil de carotenoides do suco de umbu durante o seu armazenamento a 6 °C..69
Tabela 5.12 - Viscosidade aparente do suco de umbu tratado enzimaticamente em diferentes temperaturas e do controle.....73
Tabela 5.13 - Parâmetros do modelo da Lei da Potência em função da temperatura para o suco de umbu hidrolisado enzimaticamente e para o controle.....75
Tabela 5.14 - Características físico-químicas do suco de umbu nas diferentes etapas de seu processamento em membranas cerâmicas a 35 °C.....82
Tabela 5.15 - Características microbiológicas do suco de umbu submetido ao processo de microfiltração a 35 °C.....83
Tabela 5.16 – Compostos fenólicos, atividade antioxidante e vitamina C do suco de umbu nas diferentes etapas de seu processamento por membranas cerâmicas a 35 °C.....84
Tabela 5.17 – Cor instrumental das frações obtidas no processo de microfiltração em membranas cerâmicas a 35 °C do suco de umbu.....86
Tabela 5.18 - Avaliação microbiológica do suco de umbu clarificado armazenado a 6 °C.....87

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Distribuição da produção de umbu entre os estados da região Nordeste (IBGE, 2012).....21
Quadro 3.2 - Características físico-químicas do suco de umbu. 23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 18

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS 20

2.1 JUSTIFICATIVA 20

2.2 OBJETIVO GERAL 20

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 20

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 21

3.1 O UMBU 21

3.2 COMPOSTOS BIOATIVOS 24

3.2.1 Compostos fenólicos 24

3.2.2 Carotenoides 27

3.3 PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO DE SUCOS 28

3.3.1 Tratamento térmico 28

3.3.2 Processos de separação por membranas 29

4. MATERIAL E MÉTODOS 34

4.1 MATERIAL 34

4.1.1 UMBU 34

4.1.2 COMPLEXOS ENZIMÁTICOS 34

4.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL 34

4.2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA 34

4.2.1.1 Carotenoides 35

4.2.1.2 Compostos fenólicos 35

4.2.1.3 Atividade antioxidante 35

4.2.1.4 Vitamina C 36

4.2.1.5 pH 36

4.2.1.6 Acidez titulável 36

4.2.1.7 Sólidos solúveis 36
4.2.1.8 Composição Centesimal 36
4.2.1.9 Minerais 36
4.2.1.10 Teor de polpa 36
4.2.1.11 Análise instrumental de cor 37
4.2.1.12 Análise reológica 37
4.2.1.13 Avaliação microbiológica 37
4.2.2 PASTEURIZAÇÃO 37
4.2.3 DESENVOLVIMENTO DE NÉCTAR DE UMBU 38
4.2.4 PRÉ-TRATAMENTOS 39
4.2.5 MICROFILTRAÇÃO 41
4.2.5.1 Limpeza do sistema de membranas e permeabilidade hidráulica 43
4.2.6 ESTUDO DA ESTABILIDADE DOS PRODUTOS 43
4.2.7 ANÁLISE ESTATÍSICA DOS DADOS 44

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 45

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA 45

5.2 PASTEURIZAÇÃO 49
5.2.1 Efeito da pasteurização sobre as características do suco de umbu 61
5.2.2 Aceitabilidade dos néctares obtidos a partir do suco de umbu pasteurizado 63
5.2.3 Estabilidade do suco de umbu pasteurizado 66

5.3 HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO SUCO DE UMBU 72

5.4 MICROFILTRAÇÃO 75
5.4.1 Microfiltração do suco de umbu em sistema fechado 75
5.4.2 Microfiltração do suco de umbu em batelada simples 76
5.4.3 Balanço de massa do processo de microfiltração 78
5.4.4 Microfiltração do suco de umbu em batelada alimentada 80
5.4.5 Efeito do processo de clarificação nas características do suco de umbu 81
5.4.6 Estabilidade do suco de umbu clarificado 86

6. CONCLUSÕES 91

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 92

REFERENCIAS 93

APÊNDICE 107

1. INTRODUÇÃO

O aumento de doenças relacionadas aos hábitos alimentares inadequados tem despertado muito interesse sobre as propriedades nutricionais das frutas e hortaliças. O aumento no consumo de frutas, tanto *in natura* quanto em produtos como sucos, néctares e outros, tem crescido, em função da sua atribuída funcionalidade no organismo humano (IBGE, 2010), porém ainda muito inferior ao recomendado pela Organização Mundial de Saúde para o consumo de frutas e hortaliças que é cerca de 400 g diários (OMS, 2003). Estudos apontam que as frutas são fontes de compostos que atuam como antioxidantes, protegendo o organismo humano de radicais livres e prevenindo contra doenças como o câncer (GONÇALVES et al., 2010).

De acordo com Andrade (2012), o Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de frutas, superado apenas pela China e Índia, com uma produção acima de 40,0 milhões de toneladas. Segundo este autor, a base agrícola da cadeia produtiva de frutas abrange 2,9 milhões de hectares e gera 6,0 milhões de empregos diretos.

O Brasil é um país rico em espécies vegetais, possuindo uma grande diversidade de frutos, dos quais muitos ainda são pouco explorados. A região Nordeste é uma região rica em frutos exóticos e com grande potencial de comercialização, devido tanto ao sabor quanto ao apelo nutricional e, potencialmente, funcional, desses frutos.

Dentre os frutos nativos do Nordeste brasileiro, pode-se destacar o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), pelo seu sabor agridoce agradável e por conter compostos com propriedades antioxidantes como vitamina C, carotenoides e compostos fenólicos. Nos últimos anos, estudos têm sido realizados visando melhorar o processamento deste fruto, diminuir as perdas no processo, aumentar o tempo de vida útil e seu valor agregado, como também identificar e quantificar no fruto substâncias com poder antioxidante (MELO & ANDRADE, 2010; MATTIETTO, 2005).

O umbu contribui para o desenvolvimento da região semiárida do Nordeste, onde é utilizado por muitas famílias como fonte de renda. Os pequenos agricultores comercializam o fruto principalmente *in natura* ou sob a forma de polpa (SANTOS & OLIVEIRA, 2004). Alguns estudos foram desenvolvidos visando avaliar o potencial do umbu para obtenção de produtos de maior valor agregado como geleias, fermentados, doce em massa e suco (FOLEGATTI et al., 2003; PAULA et al., 2012; ANJOS, CAVALCANTI & COSTA, 2002).

A influencia do processamento térmico do suco de umbu sobre os seus parâmetros físicos, químicos e microbiológicos foi avaliada, sendo possível observar alterações,

principalmente nos aspectos físicos, em particular, na cor do produto final. Na pasteurização realizada por Oliveira (2006), observou-se mudança nos parâmetros de cor, sendo esta afetada pelas temperaturas de pasteurização ocasionando, assim, o escurecimento do suco.

A tecnologia de separação por membranas é uma alternativa potencial à utilização de processos térmicos para estabilização de sucos de frutas, como a pasteurização. Embora a pasteurização seja muito eficiente do ponto de vista microbiológico, a exposição do alimento a determinadas temperaturas pode degradar compostos importantes para o organismo humano como a vitamina C e outros, além dos compostos que conferem cor ao produto.

Portanto, este estudo tem como objetivo avaliar o potencial das tecnologias de pasteurização e de microfiltração na obtenção de produtos estáveis de umbu, com preservação das suas características tanto do ponto de vista físico quanto nutricional e potencialmente funcional.

2. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

2.1 JUSTIFICATIVA

O umbu tem sido considerado uma alternativa para o aumento da renda de muitas famílias da região semiárida do nordeste brasileiro, porém boa parte desta produção se perde, tanto pela alta perecibilidade do fruto, quanto pela forma com que ele é comercializado. Em função disso, tecnologias estão sendo estudadas para agregar valor ao umbu, com a obtenção de produtos de qualidade e reduzindo as perdas no seu processamento, de modo a contribuir com o desenvolvimento da região. A microfiltração e a pasteurização são tecnologias que podem contribuir para a conservação do suco de umbu, necessitando, porém, de uma maior investigação do potencial dessas tecnologias para o processamento do suco de umbu, buscando a estabilidade física e microbiológica do mesmo, bem como a preservação de seus compostos com potencial antioxidante.

2.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo foi investigar o comportamento dos parâmetros de qualidade do suco de umbu, como a cor e os compostos bioativos, e a sua qualidade microbiológica, quando submetido a tecnologias de conservação como a pasteurização e a microfiltração, e avaliar a estabilidade dos produtos obtidos.

2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o suco de umbu quanto às suas características físico-químicas, compostos bioativos e atividade antioxidante;
- Estudar o efeito da pasteurização sobre as características do suco;
- Desenvolver um néctar de umbu a partir do suco pasteurizado e avaliar sua aceitação sensorial;
- Estudar a estabilidade física, química e microbiológica do suco pasteurizado durante o seu armazenamento;
- Avaliar o processo de microfiltração do suco de umbu para obtenção de um suco clarificado;
- Estudar a estabilidade física, química e microbiológica do suco clarificado durante o seu armazenamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O UMBU

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é uma planta frutífera, da família das anacardiáceas (Figura 3.1), de pequeno porte, com tronco curto, copa característica de forma arredonda e ampla, com cerca de 10 m de diâmetro, tendo os ramos longos, onde os inferiores são horizontais e emaranhados (CARVALHO, 2008).

Foto: MATTA, V. M. (2013).

Figura 3.1 - O umbuzeiro.

O umbuzeiro é originário dos chapadões semiáridos do nordeste brasileiro (SEAGRI, 2001), sendo os maiores produtores de umbu os estados da Bahia, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Piauí e Paraíba. Segundo dados do IBGE (2012), em 2011 foram produzidos cerca de 8980 toneladas do fruto. O Quadro 3.1 mostra a distribuição da produção de umbu entre os estados da região Nordeste.

Quadro 3.1 - Distribuição da produção de umbu entre os estados da região Nordeste (IBGE, 2012).

Estados	**Produção de Umbu (toneladas)**	**Valor da Produção (mil reais)**
Maranhão	-	-
Piauí	98	77
Ceará	40	45
Rio Grande do Norte	188	174
Paraíba	118	70
Pernambuco	448	291
Alagoas	43	19
Sergipe	-	-
Bahia	8165	6700

De acordo com Carvalho (2008), dependendo da região, a fruta pode ser chamada por nomes diferentes como imbu, umbu, ambu e embu.

O umbu é uma fruta do tipo drupa ovóide (Figura 3.2a), medindo de 2 a 4 cm pesando entre 10 e 20 g que possui superfície lisa, com casca amarelo-esverdeada, quando madura (Figura 3.2b), de pericarpo coriáceo e polpa branca-esverdeada, mole, suculenta e com sabor agridoce (LIMA, ARAÚJO & ESPÍNDOLA, 2000; GOMES, 2007). O umbu é constituído principalmente por polpa (68%), casca (22%) e caroço (10%) (LIMA, ARAÚJO & ESPÍNDULA, 2000).

Foto: RIBEIRO, L. O. (2013).

Figura 3.2 a e b - Frutos de umbu em estádios de maturação diferentes.

Segundo Santos & Oliveira (2004), o umbu se constitui em uma fonte de renda para as famílias dos agricultores da região semiárida do Nordeste. No entanto, é uma fruta de período sazonal curto (de dezembro a março), cuja comercialização na região é, principalmente, sob a forma de polpa congelada e do próprio fruto *in natura*, o que acarreta muitas perdas devido à sua alta perecibilidade.

Muitas alternativas de processamento do fruto têm sido estudadas para que a perda seja amenizada e assim a economia local fortalecida, beneficiando os pequenos produtores da região. Dentre as alternativas estudadas pode-se citar o processamento do suco (ANJOS, CAVALCANTI & COSTA, 2002); suco clarificado (PALLET et al., 2005); néctar misto de cajá e umbu (MATTIETTO, LOPES & MENEZES, 2007); geleia e compota (FOLEGATTI et al., 2003); doce em massa de umbu (MARTINS et al., 2007); umbu em pó (CAVALCANTE-MATA, MEDEIROS & DUARTE, 2005); fermentado de umbu (PAULA et al., 2012), entre outras.

As características físico-químicas do suco de umbu também foram objeto de estudo e estão resumidas no Quadro 3.2, onde se pode verificar que o suco de umbu possui pH ácido e baixos teores de açúcares, proteínas e lipídeos. Com relação à vitamina C, pode-se destacar a

grande variabilidade dos resultados encontrados pelos autores. Esta diferença nos resultados ocorre, possivelmente, em função da procedência, estádio de maturação e forma de obtenção das amostras.

O umbu também contêm alguns minerais. Segundo Narain et al. (1992), a polpa de umbu madura apresentou teores de cálcio, fósforo e ferro nas seguintes concentrações, respectivamente: 15,8 ± 0,85, 29,9 ± 3,2 e 1,4 ± 0,30 expressos em mg 100 g^{-1} de suco.

A composição das sementes de umbu foi avaliada em um estudo realizado por Borges et al. (2007). Para este estudo os autores utilizaram duas variedades de umbu em estádios de maturação diferentes. Os resultados mostraram um conteúdo de lipídios de 55%, dos quais 69% de ácido graxo insaturado, 24% de proteína, e alguns minerais (P, K, Mg, Fe e Cu). Estes autores concluíram que as sementes de umbu poderiam ser utilizadas para o enriquecimento de alimentos ou como fonte de óleo comestível.

Quadro 3.2 - Características físico-químicas do suco de umbu.

Determinações	**Mattietto (2005)**	**Ushikubo (2006)**	**Paula et al. (2012)**
pH	2,75	1,70	2,47
Sólidos solúveis (ºBrix)	9,59	9,4	6,47
Acidez em ác cítrico (g 100 g^{-1})	1,39	1,95	1,38
Ratio (ºBrix/Acidez)	6,89	4,82	4,59
Umidade (%)	89,40	-	89,48
Proteínas (%)	0,75	0,58	0,44
Lipídios (%)	0,30	0,16	0,39
Cinzas (%)	0,40	0,40	0,41
Açúcares redutores (%)	3,63	3,22	1,92
Açúcares não redutores (%)	1,30	1,89	0,54
Açúcares totais (%)	4,93	5,11	2,46
Pectinas (%)	-	1,8	1,10
Taninos (mg 100 g^{-1})	183,76	62,1	-
Ácido ascórbico (mg 100 g^{-1})	23,83	5,4	24,97
Fibras (%)	0,30	0,30	-

Em trabalho realizado por Galvão et al. (2011), foram detectados 246 compostos voláteis no umbu maduro, dos quais 80 foram identificados e avaliados quanto à contribuição para o aroma característico do umbu. Entre estes podem ser destacados: 2-nonanol (4,4%), responsável pelo aroma polposo frutado, 2-octanol (0,4%), aroma polposo floral, 1-octanol (0,1%) e 1-heptanol (0,1%), ambos conhecidos pelo aroma doce e frutado. Outros compostos também foram significantes do ponto de vista do aroma do umbu tais como o β-cis-ocimene (0,3%), aroma agradável de frutas, metil pirazina (1,3%), notas tropicais florais e frutadas, 2-butil tiofeno (0,3%), metil octanoato (0,07%), notas de laranja e frutas, 2-hexil furano (1,3%), características florais suaves, (E)-2-ciclohexeno-1 (0,08%), e 3-bromo-ciclohexeno (0,05%), também conhecidos pelas notas florais e frutados.

3.2 COMPOSTOS BIOATIVOS

3.2.1 Compostos fenólicos

Com o aumento das doenças relacionadas à ação de radicais livres no organismo humano, muitas pesquisas têm se voltado para identificação e quantificação dos compostos fenólicos, sobretudo nos vegetais, pois já se sabe que estes compostos atuam sobre esses radicais, minimizando ou até inibindo sua atividade em humanos (OLIVEIRA et al., 2012; HUANG et al., 2010).

A importância dos compostos fenólicos está diretamente relacionada com a atividade fisiológica, a habilidade de capturar espécies reativas de oxigênio, de quelar íons metálicos e inibir a nitrosação,de inibir o potencial de auto-oxidação (ANTOLOVICH et al., 2000).

Os compostos fenólicos são metabólitos secundários presentes nas plantas e são amplamente distribuídos no reino vegetal. Englobam desde moléculas simples até outras com alto grau de polimerização e podem estar presentes na forma livre ou ligados a açúcares (glicosídeos) e proteínas em diversas partes das plantas, como nas sementes, frutos, folhas, casca do caule e também na raiz. Quimicamente, os fenólicos são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais. Possuem estrutura variável e, com isso, são multifuncionais. Dentre os compostos fenólicos, destacam-se os flavonoides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos, ligninas e tocoferóis (SHAHIDI & NACZK, 1995).

Os flavonoides são os metabólitos mais encontrados nos vegetais. Eles caracterizam-se por apresentar uma estrutura comum composta por dois anéis aromáticos ligados por três

carbonos e um átomo de oxigênio formando um heterociclo oxigenado denominado núcleo flavano. O grau de oxidação e o padrão de substituição do anel C definem as classes de flavonoides e dentro destas o padrão de substituição nos anéis A e B determinam os compostos específicos (RHODES, 1996).

Os flavonoides apresentam seis grupos principais que são denominados flavanóis, flavonóis, flavonas, antocianidinas, isoflavonoides e flavononas (MARTÍNEZ-FLORES, et al., 2002).

A quercetina (Figura 3.3), o mais abundante flavonoide presente na dieta humana, representa cerca de 95% do total dos flavonoides ingeridos. Vegetais como cebola (284-486 mg kg^{-1}), maçã (21-72 mg kg^{-1}) e brócolis (30 mg kg^{-1}) são as fontes majoritárias de quercetina. (NIJVELDT et al., 2001 e HERTOG et al., 1993). Devido à forte ação antitumoral da quercetina, ela tornou-se uma aliada para a prevenção de doenças como o câncer (BEHLING et al., 2004). Uma pesquisa realizada por Avila et al. (1994) comprovou a eficiência da quercetina em reduzir as células tumorais causadoras do câncer de mama.

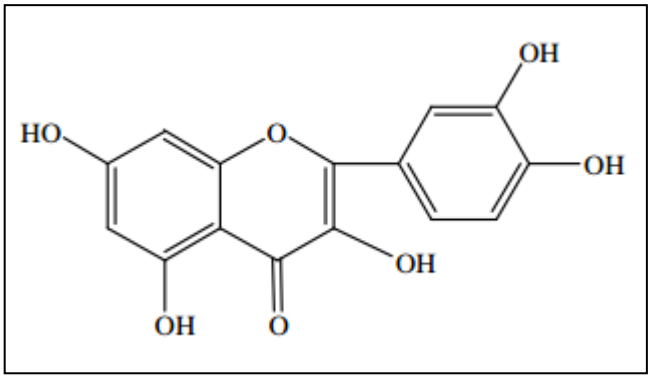


Figura 3.3 - Estrutura química da quercetina. Fonte: Wang et al., 2011.

A rutina (quercetina-3-O-rutinosídeo), é um flavonol glicosilado que apresenta uma rutinose (ramnosil(α1→6)glicose) ligada à posição 3-O (Figura 3.4). A presença da luz e de outros fatores ambientais pode levar à degradação da rutina devido à ruptura da ligação glicosídica. Produtos como a aglicona quercetina e o derivado quercetina-3-O-ß-D-glicopiranosídeo (isoquercetina) são formados após a hidrólise do dissacarídeo (BOKKENHEUSER, SHACKLETON & WINTER, 1987).

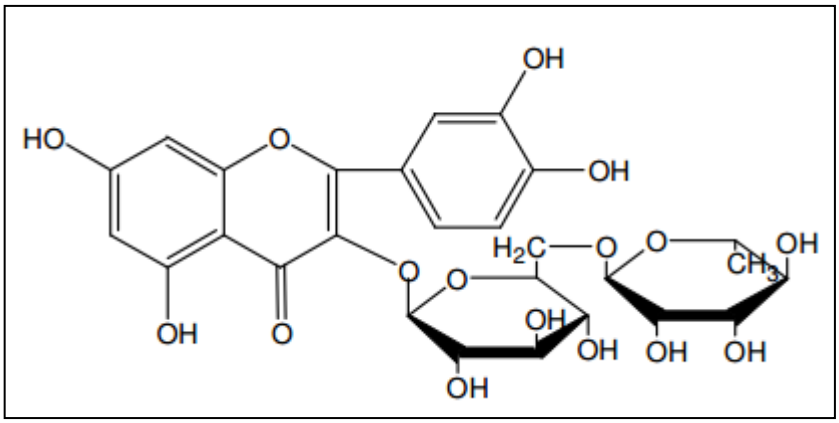


Figura 3.4 - Estrutura química da rutina. Fonte: Wang et al., 2011.

Assim como a quercetina, a rutina é muito consumida na dieta humana, estando presentes em alimentos como cebolas, maçãs e chás, e em compostos multivitamínicos (ERLUND et al., 2000).

Dentro dos benefícios para a saúde relacionados com a rutina, destaca-se a prevenção de ulcerações na mucosa gástrica (LA CASA et al., 2000; PÉREZ-GUERRERO, MARTÍN & MARHUENDA, 1994) e diminuição das células causadoras de tumores de cólon em ratos (DESCHNER et al., 1991).

Genovese et al. (2008) quantificaram o teor de compostos fenólicos totais e identificaram alguns destes compostos por cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) em frutos exóticos e polpas congeladas comercializadas no Brasil. Os resultados obtidos indicaram um teor de fenólicos totais de 34 ± 1 mg 100 g^{-1} para o umbu, expresso em equivalente de ácido gálico. Estes autores reportaram também a presença de quercetina, ácido clorogênico e ácido elágico no umbu em baixas concentrações.

Rufino et al. (2010) reportaram em seu estudo sobre a identificação dos compostos bioativos e determinação da capacidade antioxidante de frutos tropicais brasileiros, um teor de 90,4 ± 2,2 mg 100 g^{-1} de polifenóis totais em polpa de umbu.

Melo & Andrade (2010) determinaram o teor de fenólicos totais em umbu, em diferentes estádios de maturação. Para o umbu maduro, eles encontraram 32,70 ± 1,23 e semi-maduro 38,03 ± 1,58 mg 100 g^{-1} , expresso em equivalentes de catequina. Estes autores avaliaram também os teores de vitamina C e carotenoides totais, que foram considerados baixos, sugerindo que a ação antioxidante do umbu seria atribuída, principalmente, ao conteúdo de fenólicos totais presente no fruto.

3.2.2 Carotenoides

Os carotenoides, assim como os compostos fenólicos, também contribuem para a saúde humana e são encontrados principalmente nos vegetais. Eles são pigmentos naturais responsáveis pelas cores de amarelo a laranja, ou vermelho, em muitas frutas, hortaliças e também em alimentos de origem animal, porém em menor predominância.

Os carotenoides dos alimentos são tetraterpenoides C_{40} (Figura 3.5) formados pela união cauda-cauda de oito unidades de isoprenoides C_5, porém, na posição central, a junção ocorre no sentido cauda-cauda, possibilitando a ocorrencia de uma molécula simétrica. Os carotenoides possuem propriedades e funções especiais devido à presença de duplas ligações conjugadas responsáveis também pela coloração dos mesmos (RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA & AMAYA-FARFAN, 2008).

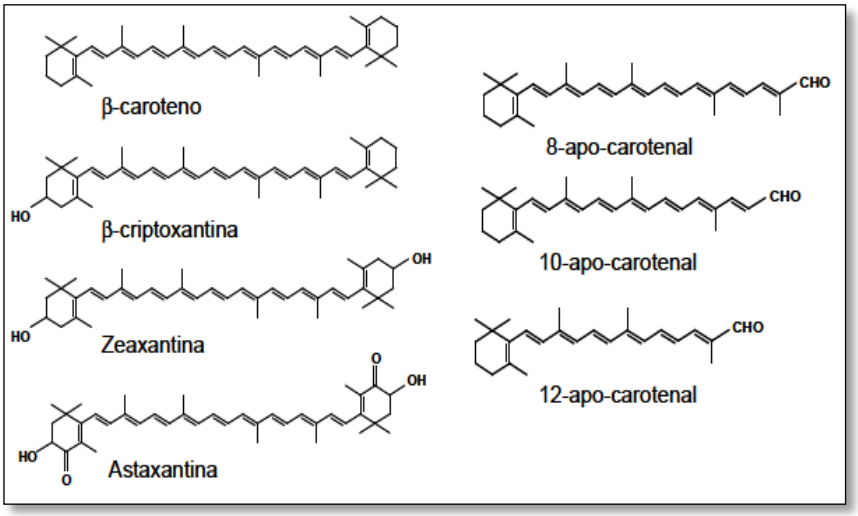


Figura 3.5 - Estrutura de alguns carotenoides. Fonte: Barreto, 2008.

De acordo com Gross (1987), os carotenoides são classificados segundo sua estrutura química como carotenos quando constituídos por carbono e hidrogênio, ou como xantofilas quando constituídos por carbono, hidrogênio e oxigênio. Os carotenoides possuem um sistema de ligação dupla conjugada na cadeia poliênica, podendo ter ou não anel nas extremidades da cadeia e grupos funcionais (carbonila, hidroxila, metilas, entre outros).

Muitos efeitos benéficos para a saúde têm sido relacionados com os carotenoides como a imunomodulação e a redução do risco de contrair doenças crônicas degenerativas, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata e degeneração macular relacionada à idade (RODRIGUEZ-AMAYA, KIMURA & AMAYA-FARFAN, 2008).

Gross (1987) ressalta a contribuição dos carotenoides como precursores da vitamina A no organismo animal e destaca que para um carotenoide ser um precursor da vitamina A, ele deve possuir um anel-β não substituído e ter uma cadeia poliênica de 11 carbonos. Entre os carotenoides pró-vitamina A destaca-se o β-caroteno.

Zhang et al. (2007) verificaram que a presença de altos níveis de licopeno, luteína, zeaxantina e β-criptoxantina na circulação foram associados a um baixo risco de desenvolver câncer de próstata.

Rufino et al. (2010) determinaram os teores de compostos bioativos em 18 frutas tropicais não tradicionais brasileiras e verificaram que o teor de carotenoides totais em umbu foi igual a 1000 µg 100 g^{-1} de matéria fresca, sendo mais alto que os teores verificados em frutos como cajá, caju, camu-camu, carnaúba, jaboticaba, jambolão, mangaba e murta.

Melo & Andrade (2010) avaliaram o teor de carotenoides totais do fruto do umbuzeiro comercializado em Petrolina (PE) em dois estágios de maturação, obtendo, para o umbu maduro e semi-maduro, respectivamente, 302 ± 22 e 170 ± 8 µg 100 g^{-1}. Os autores também avaliaram o resíduo do descascamento do fruto (somente as cascas), após secagem, moagem e peneiramento, que resultou em uma farinha contendo teores de carotenoides de 631 ± 8 e 747 ± 92 µg 100 g^{-1}, nas amostras dos frutos maduros e semi-maduros, respectivamente.

3.3 PROCESSOS DE CONSERVAÇÃO DE SUCOS

3.3.1 Tratamento térmico

Processamento térmico significa a aplicação de calor ao alimento durante um período de tempo e a uma temperatura cientificamente determinada para alcançar níveis microbianos que possibilitem a comercialização do produto. Para que um processamento térmico seja realizado dentro dos requisitos para a conservação adequada dos alimentos, isto é, para que a alteração seja a menor possível, tanto nas suas características físicas como químicas, muitos estudos foram feitos, determinando uma série de procedimentos hoje observados (GAVA, 1998). Ainda segundo o mesmo autor, o processamento térmico pode ser influenciado pelos seguintes fatores: qualidade e quantidade de microrganismos a serem destruídos, pH do produto, velocidade de penetração de calor, tempo de aquecimento e temperatura atingida, temperatura inicial do produto e sistema de aquecimento, resfriamento entre outros.

O tratamento térmico é um dos métodos mais utilizados no processamento de alimentos, pelos efeitos desejáveis sobre a conservação dos alimentos por meio da

desnaturação de enzimas e destruição de microrganismos associados à deterioração destes durante a sua estocagem (FELLOWS, 2006).

A pasteurização é um dos tratamentos térmicos mais utilizados para garantir a inocuidade microbiológica de produtos como leite e sucos de frutas. Segundo Gava (1998), a temperatura empregada não deve passar dos 100 °C, podendo o aquecimento ser produzido por vapor, água quente, radiações ionizantes, calor seco, micro-ondas e outros.

O tempo e a temperatura de pasteurização dependem do método e do produto a ser tratado. O método de pasteurização rápida - temperatura alta, tempo curto (HTST - *high temperature, short time*) usa uma temperatura relativamente alta num tempo curto (por exemplo, leite a 72 °C durante 15 segundos). O método de pasteurização lenta - temperatura baixa, tempo longo (LTLT - *low temperature, long time*) emprega uma temperatura mais baixa num tempo maior (por exemplo, leite a 62 °C durante 30 minutos) (GAVA, 1998).

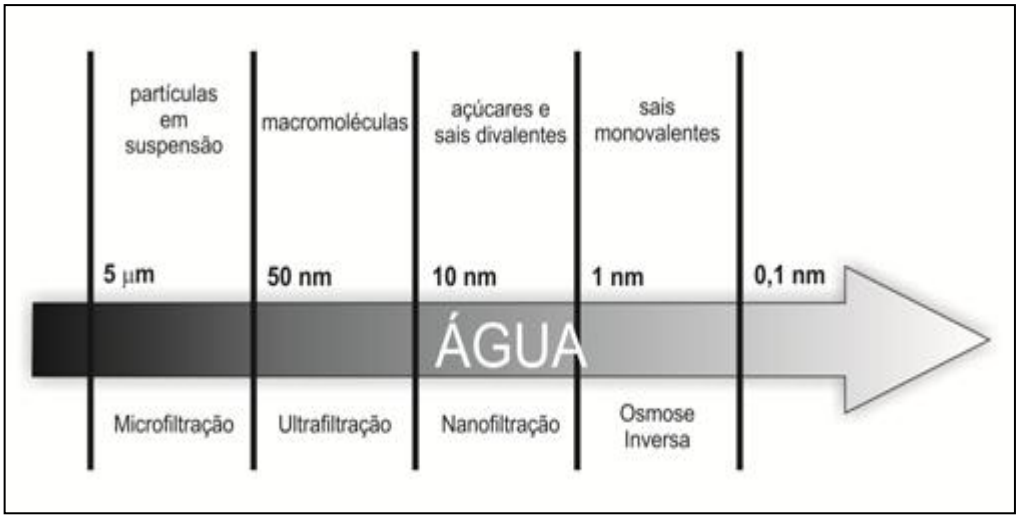
Jorge (2003) estudou a conservação do suco de umbu obtido a partir de frutos em dois estádios de maturação utilizando métodos combinados. O autor realizou o branqueamento (100 °C/3 min) seguida da pasteurização (63 °C/3 min) do suco de umbu, adicionado de conservantes e de sacarose, conseguindo uma estabilidade de 120 dias para o produto.

Oliveira (2006) estudou a pasteurização da polpa de umbu numa faixa de temperatura de 88 a 96 °C e tempo de 10 a 30 s. O autor observou diferenças significativas nos parâmetros de cor, que indicaram um certo escurecimento da polpa com o aumento da temperatura de pasteurização.

3.3.2 Processos de separação por membranas

Os processos de separação por membrana (Figura 3.6) baseiam-se na permeabilidade seletiva de alguns compostos através de um meio filtrante, a membrana, por meio de uma força motriz. A composição da membrana e o tipo de força motriz utilizado definem os diferentes processos: microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, diálise, osmose inversa, evaporação osmótica, pervaporação, permeação de gases (PORTER, 1990).

A microfiltração é o processo de separação com membranas mais próximo da filtração clássica. Utiliza membranas porosas com poros na faixa entre 0,1 e 10 μm (100 e 10.000 nm), sendo, portanto, indicada para a retenção de materiais em suspensão e emulsão. Como as membranas de microfiltração são relativamente abertas, as pressões empregadas como força motriz para o transporte são pequenas, dificilmente ultrapassam 3 bar. Na microfiltração o solvente e todo o material solúvel permeia a membrana. Apenas o material em suspensão é retido (HABERT, BORGES & NOBREGA, 2006).



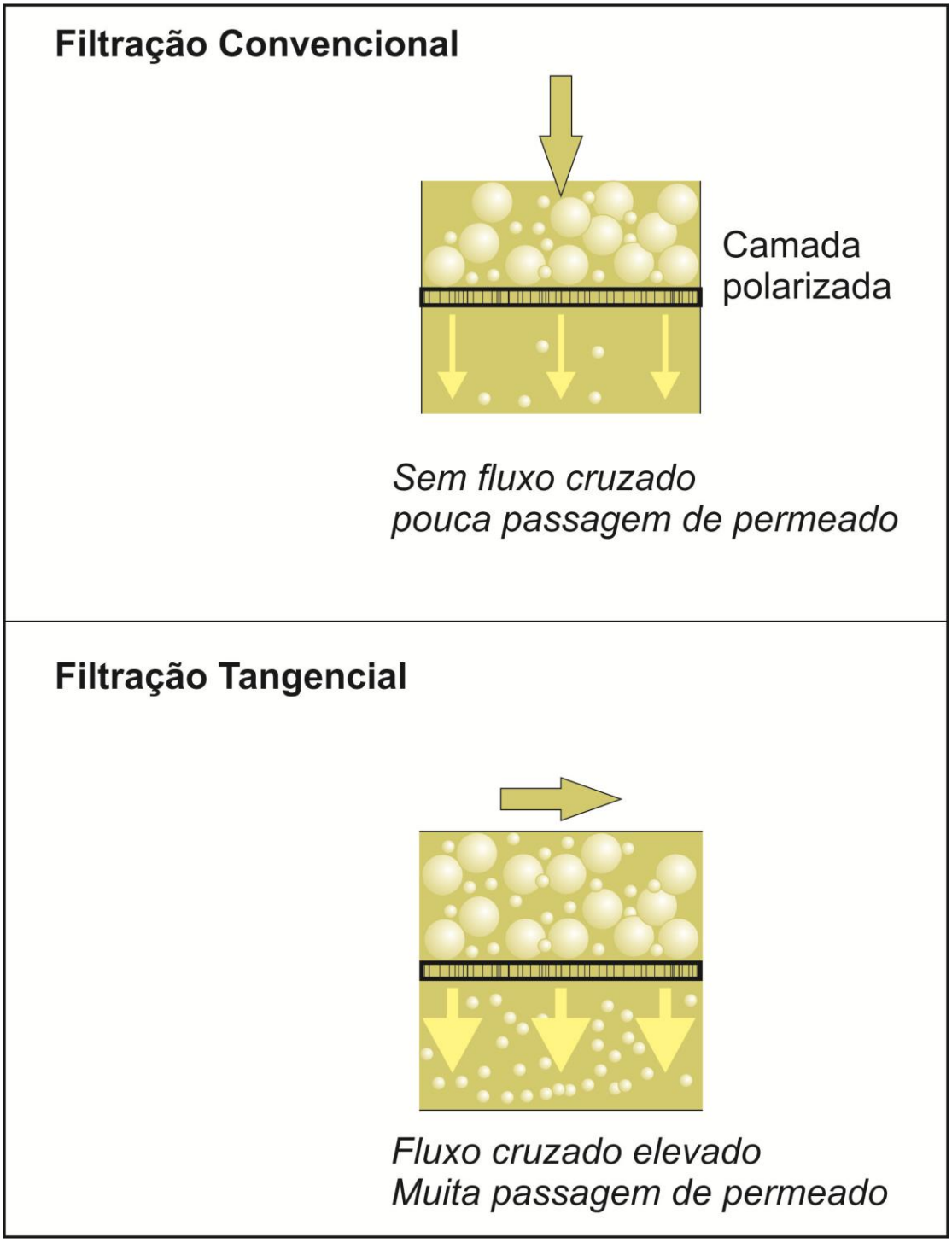
SILVA, L. F. M. (2013).

Figura 3.6 - Alguns processos de filtração por membranas e suas aplicações.

Os métodos de filtração utilizados nos processos de separação por membranas são: a convencional, quando um fluido escoa perpendicular à superfície membrana; e tangencial, quando o escoamento do fluido é paralelo à superfície da membrana e altas velocidades possibilitam o arraste dos solutos que tendem a se acumular na superfície (Figura 3.7). Na filtração tangencial, a corrente de alimentação é separada pela membrana em duas correntes: o permeado, que atravessa a membrana, e o concentrado, ou retido, que retém os solutos e sólidos suspensos que não passaram pela membrana. Se a corrente de alimentação contém muitos sólidos e/ou sólidos que necessitam ser recuperados, o fluxo tangencial é vantajoso, por limitar o aumento da concentração de sólidos na superfície da membrana (CHERYAN, 1998).

Alguns fenômenos que limitam o fluxo de permeado como a polarização da concentração, camada gel polarizada e *fouling* (entupimento) são descritos a seguir, de acordo com Cheryan (1998):

- Polarização da concentração é causada pelo aumento da concentração de solutos da alimentação na superfície da membrana. Os solutos são arrastados para a superfície da membrana por transporte convectivo, devido à pressão, e, sendo parcial ou totalmente rejeitados, tendem a se concentrar na interface, formando um gradiente de concentração. Ao mesmo tempo, ocorre o contra-fluxo de solutos em direção à alimentação, em virtude da difusão. Tal fenômeno se estabelece rapidamente, provocando uma queda acentuada do fluxo permeado nos instantes iniciais da microfiltração;



SILVA, L. F. M. (2013).

Figura 3.7 - Métodos de filtração utilizados nos processos de separação por membranas.

- Quando a concentração de partículas próximas à superfície filtrante excede seu limite de solubilidade, ocorre então a geleificação (formação de uma camada gel) da solução, devido à precipitação por supersaturação de macromoléculas. Esta camada, denominada camada gel polarizada ou camada polarizada, ocasiona um aumento na resistência ao fluxo de permeado. Esta camada também é conhecida como "torta". Este fenômeno não deve ser confundido com o *fouling*, que surge devido às interações entre os componentes do sistema;
- O *fouling*, ou entupimento, ocorre devido à deposição e acúmulo dos componentes da alimentação como partículas suspensas, solutos dissolvidos que não permeiam, ou até mesmo solutos normalmente permeáveis na superfície da membrana ou dentro dos poros da membrana. A natureza e a extensão do *fouling* é fortemente influenciada pela natureza fisico-química da membrana e do soluto. O conhecimento das interações entre soluto-soluto e soluto-membrana possibilitam um melhor entendimento do entupimento. O entupimento difere do fenômeno da camada gel polarizada, pois os efeitos desta são reversíveis, sendo que estes podem ser amenizados diminuindo-se a pressão ou a concentração da solução, ou aumentando-se a velocidade tangencial. Já o entupimento é caracterizado por um declínio irreversível de fluxo permeado, devido à adsorção de solutos na superfície da membrana ou agregação destas nos poros, provocando um bloqueio parcial ou mesmo total dos mesmos. Tal limitação do fluxo só pode ser revertida mediante uma limpeza química.

O uso de processos de separação por membranas na industria de alimentos tem sido reportado por vários estudos, como a microfiltração para clarificação de vinhos e cervejas, ultrafiltração para a concentração e fracionamento de proteínas, recuperação de pigmentos, nanofiltração para purificação de enzimas, entre outros (HABERT, BORGES & NOBREGA, 2006).

Segundo Cheryan (1998), quando comparados os processos de obtenção de suco clarificado de maçã pelo método de filtração por membranas, além de um maior rendimento, também são verificadas vantagens como: menor tempo de processo, pelo fato do processamento ter menos etapa e economia obtida pela eliminação de coagulantes e coadjuvantes de filtração (gelatina, terra diatomácea), onde a não utilização destes compostos diminui o problema de descarte de resíduos e de contaminação microbiana.

A utilização dos processos com membranas associados à hidrólise enzimática possibilitou a obtenção de suco de acerola clarificado e concentrado de alta qualidade, onde a microfiltração funcionou como uma esterilização a frio. A microfiltração aliada ao tratamento enzimático, contribuiu de modo positivo sobre o fluxo de permeado durante a clarificação do suco de acerola atingindo fluxo médio de 130 L $h^{-1}m^{-2}$, a uma pressão transmembrana de 100

kPa na temperatura de 30 ºC (MATTA, CABRAL & SILVA, 2004).

Ushikubo,Watanabe & Viotto (2006) microfiltraram a polpa de umbu diluída (1:2 em água) a 35 ºC, usando membranas de polipropileno (tamanho de poro de 0,2 μm) e avaliaram a influência da pressão transmembrana, do pré-tratamento com enzima e da velocidade tangencial sobre o fluxo de permeado. A velocidade tangencial foi a principal variável responsável pelo aumento do fluxo de permeado, no entanto o tratamento enzimático também teve um efeito positivo sobre o fluxo.

Segundo Cruz et al. (2011), durante o processo de microfiltração, a temperatura e o tipo de membrana utilizados para microfiltrar a polpa de açaí centrifugada não afetaram significativamente os teores de compostos fenólicos e a atividade antioxidante das duas frações obtidas. O fluxo de permeado, por sua vez, foi fortemente afetado pela temperatura e pelo tipo de membrana utilizada, atingindo o maior valor médio com a membrana cerâmica a 35 ºC. A microfiltração se mostrou eficiente para a clarificação da polpa de açaí e permitiu a obtenção de uma segunda fração, a retida, rica em compostos bioativos.

Echavarría et al. (2012) investigaram os efeitos da ultrafiltração e osmose inversa utilizados em escala piloto para a clarificação e concentração de sucos de frutas (pêssego, pêra, tangerina e maçã). Neste estudo, os autores realizaram testes de ultrafiltração com e sem tratamento enzimático, e também a concentração por osmose inversa, tendo como respostas para estes processos parâmetros como fluxo de permeado, cor, pH, sólidos solúveis e acidez, entre outros. Os autores relataram um aumento de 40% do fluxo de permeado quando os sucos foram submetidos ao tratamento enzimático e a pressão transmembrana e a velocidade tangencial exerceram efeito positivo sobre o fluxo de permeado, sendo o maior efeito atribuído à velocidade tangencial.

4. MATERIAL E MÉTODOS

A etapa experimental deste trabalho foi desenvolvida nos laboratórios e plantas pilotos da Embrapa Agroindústria de Alimentos e da Escola de Química da UFRJ.

4.1 MATERIAL

4.1.1 UMBU

A polpa de umbu congelada não pasteurizada, da marca Itiúba, lote 2013108, fabricada em 08 de janeiro de 2013, foi adquirida diretamente da indústria de polpas, localizada no interior da Bahia, e transportada congelada para a Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Rio de Janeiro.

Pela Instrução Normativa do Ministério da Agricultura que estabelece o Padrão de Identidade e Qualidade de Polpas e Sucos (BRASIL, 2000), polpa de fruta é o produto não fermentado e não diluído, obtido através de processo tecnológico adequado, proveniente da parte comestível da fruta e suco de fruta é a bebida não fermentada e não diluída, obtida da parte comestível da fruta, por processo tecnológico adequado. Como, para o umbu, trata-se da mesma parte comestível, neste trabalho a polpa, após descongelamento, será denominada simplesmente de suco.

4.1.2 COMPLEXOS ENZIMÁTICOS

Para a etapa de hidrólise do suco de umbu foram utilizados os complexos enzimáticos Rapidase TF®, Rapidase Smart® e Rapidase Smart Color® adquiridos da DSM *Food Specialties*.

4.2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

4.2.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA

O suco de umbu sem tratamento (controle) e os produtos obtidos pelos processos de pasteurização e microfiltração foram caracterizados quanto às suas características físico-químicas e microbiológicas, compostos bioativos, atividade antioxidante e cor instrumental, de acordo com os métodos descritos a seguir, sendo os resultados expressos como valores média\os ± desvio padrão das determinações realizadas em triplicata.

4.2.1.1 Carotenoides

Os carotenoides foram extraídos utilizando a metodologia proposta por Rodriguez-Amaya (1999) e quantificados por método espectrofotométrico a 453 nm. O perfil de carotenoides foi analisado por cromatografia líquida de alta eficiência com separação em fase reversa conforme metodologia proposta por Pacheco (2009), sendo a corrida cromatográfica realizada em cromatógrafo líquido Alliance 2695 da Waters®, com detector de arranjo de diodos (DAD) 2996 da Waters® a 450 nm, coluna YCM Carotenoid S-3® (4,6 x 250 mm); fase móvel (A) metanol e (B) éter metil-terc-butílico em eluição gradiente; fluxo 0,8 mL min^{-1} temperatura da coluna 33 °C e volume de injeção 15 µL. A quantificação foi realizada por comparação do tempo de retenção e espectro de absorção. Para uma melhor resolução do cromatograma, os extratos contendo os carotenoides foram saponificados com auxilio de solução metanólica de hidróxido de potássio 10%.

4.2.1.2 Compostos fenólicos

A determinação dos compostos fenólicos totais foi realizada por espectrofotometria utilizando o reagente de Folin-Ciocalteu, de acordo com o método de Singleton e Rossi (1965) modificado por Georgé et al. (2005). A determinação dos flavonoides foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência, com separação em fase reversa e detecção por detector de arranjo de fotodiodos, a partir do método de extração de isoflavonas da AOAC (2005), adaptado por Godoy et al. (2013). A corrida cromatográfica foi realizada em cromatógrafo líquido Alliance 2695 da Waters®, com detector de arranjo de diodos (DAD) 2996 da Waters® a 260 nm, coluna Thermo BDS Hypersil C18 (100X 4,6 mm 2,4 um); fase móvel (A) ácido fórmico 1% e (B) acetonitrila em eluição gradiente; fluxo 1,3 mL min^{-1}; temperatura da coluna 45 °C; volume de injeção 25 µL. A quantificação foi realizada por padronização externa.

4.2.1.3 Atividade antioxidante

A atividade antioxidante foi determinada pelo método de redução do radical ABTS+, de acordo com Re et al. (1999) e os resultados foram expressos em equivalente de Trolox. A extração foi realizada em duas etapas sendo a primeira com o auxílio de metanol 50% e a segunda com acetona 70%. As frações foram combinadas em um balão volumétrico de 25 mL avolumando-se com água destilada. A determinação da atividade foi obtida através da reação de 30 µL da amostra com 3 mL de ABTS+, sendo a absorvancia medida a 734 nm.

4.2.1.4 Vitamina C

A determinação do teor de vitamina C no suco de umbu foi realizada seguindo o método de Tillmans modificado por Silva (1999).

4.2.1.5 pH

As medidas de pH foram realizadas por leitura direta em potenciômetro, marca Metrohm, modelo 785 DMP – Titrino de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2005), utilizando as soluções tampão pH 4,0 e pH 7,0, para calibração do equipamento.

4.2.1.6 Acidez titulável

A acidez titulável foi realizada por método titulométrico (AOAC, 2005), em titulador automático, marca Metrohm, modelo 785 DMP – Titrino. Os valores obtidos foram expressos em mg de ácido cítrico por 100 g de amostra.

4.2.1.7 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi determinado pela leitura direta em refratômetro digital de acordo com a metodologia descrita pela AOAC (2005).

4.2.1.8 Composição Centesimal

A determinação de umidade, cinzas, proteína, lipídeos e carboidratos, calculada por diferença, foram realizadas de acordo com AOAC (2010).

4.2.1.9 Minerais

Os minerais foram determinados segundo Método 999.10 da AOAC (2005), rev.2010 e quantificados pelo Método 990.08 AOAC (2005), rev.2010.

4.2.1.10 Teor de polpa

O teor de polpa das amostras foi medido por centrifugação conforme Reed et al. (1968). Os valores foram expressos em porcentagem mássica.

4.2.1.11 Análise instrumental de cor

A análise instrumental de cor foi realizada em colorímetro (ColorQuest XE, Hunterlab) utilizando o sistema CIELab/CIELCH de coordenadas L*, a*, b*, croma (C*) e ângulo Hue (h) (FERREIRA, 1981).

4.2.1.12 Análise reológica

As análises reológicas do suco de umbu foram realizadas em Reômetro TA, mod. ARGII, em temperatura de 25 °C, 35 °C e 45 °C.

4.2.1.13 Avaliação microbiológica

As amostras foram analisadas para detecção de *Salmonella*, coliformes a 45 ºC, contagem padrão em placas de aeróbios mesófilos e contagem de fungos filamentosos e leveduras e contagem em placa de psicrotróficos, segundo as metodologias recomendadas pela American Public Health Association (2001).

4.2.2 PASTEURIZAÇÃO

Na primeira etapa dos ensaios, se estudou o efeito dos principais parâmetros do processo de pasteurização do suco de umbu. O suco foi submetido a um tratamento térmico em um pasteurizador de superfície raspada (FT25D, Armfield, Inglaterra) (Figura 4.1), utilizando-se um delineamento experimental 2^2 do tipo fatorial completo com repetição no ponto central (Tabela 4.1), tendo como variáveis independentes o tempo (10 – 40 s) e a temperatura (76 – 96 ^{o}C), totalizando sete tratamentos, a fim de se determinar a condição de tempo X temperatura mais adequada. Os parâmetros de resposta foram a qualidade microbiológica, cor instrumental, fenólicos totais, atividade antioxidante, características físico-químicas e o teor de carotenoides dos produtos obtidos.

Foto: RIBEIRO, L. O. (2013).

Figura 4.1 – Pasteurizador de superfície raspada (FT25D, Armfield, Inglaterra).

Tabela 4.1 – Variáveis reais e codificadas do planejamento fatorial completo para a pasteurização do suco de umbu.

Tratamentos	**Tempo (s) / Temperatura (ºC)**			
	Níveis codificados		Níveis reais	
1	-1	-1	10	76
2	+1	-1	40	76
3	-1	+1	10	96
4	+1	+1	40	96
5	0	0	25	86
6	0	0	25	86
7	0	0	25	86

4.2.3 DESENVOLVIMENTO DE NÉCTAR DE UMBU

O produto obtido na melhor condição da pasteurização foi utilizado na formulação de néctares utilizando um delineamento do tipo composto central rotacional (Tabela 4.2) com quatro pontos fatoriais, quatro pontos axiais e três pontos centrais. Como variáveis independentes foram avaliados os teores de açúcar e de polpa, tendo como resposta a aceitação sensorial dos néctares. Os néctares foram obtidos adicionando o percentual em

massa das frações de suco e de água para se obter um volume final igual a 2400 mL. A massa de açúcar foi adicionada após a diluição do suco, sendo uniformizada por agitação manual e o teor de sólidos solúveis foi medido posteriormente.

Tabela 4.2 - Variáveis reais e codificadas do delineamento composto central rotacional para a formulação de um néctar de umbu.

Amostras	Variáveis codificadas		Suco (%)	Açúcar (%)
1	-1	-1	25	6
2	-1	1	25	14
3	1	-1	55	6
4	1	1	55	14
5	-1,41	0	19	10
6	1,41	0	61	10
7	0	-1,41	40	4
8	0	1,41	40	16
9	0	0	40	10
10	0	0	40	10
11	0	0	40	10

A avaliação sensorial foi realizada na Embrapa Agroindústria de Alimentos com provadores não treinados. As amostras foram servidas à temperatura de refrigeração em cabines individuais sob luz branca. Os provadores avaliaram os néctares em uma escala hedônica variando de 1 – desgostei extremamente a 9 – gostei extremamente, com relação a diluição e doçura do produto (VILLANUEVA, PETENATE & da SILVA, 2005).

4.2.4 PRÉ-TRATAMENTOS

Visando diminuir os sólidos em suspensão e, consequentemente, a viscosidade do suco de umbu foi feito um pré-tratamento para a microfiltração. O pré-tratamento de hidrólise enzimática do suco de umbu teve como base o reportado por Gouvea (2013), que verificou que a melhor condição para a hidrólise do suco de umbu foi com 100 mL kg^{-1} do complexo enzimático Rapidase TF® (DSM FoodSpecialties®), a 35 °C por 40 minutos. Como a

Rapidase TF não é indicada para baixos valores de pH, como o do umbu, optou-se por avaliar dois outros complexos enzimáticos, Rapidase Smart® e Rapidase Smart Color® (DSM FoodSpecialties) nas mesmas condições descritas anteriormente, sendo selecionado como melhor complexo enzimático, o que apresentou maior redução da viscosidade aparente de acordo com o teste reológico descrito no item 4.2.1.12, além de apresentar menor valor para o parâmetro k, ajustado ao modelo da Lei da Potencia.

O tratamento enzimático foi realizado em um tanque encamisado, acoplado a um banho termostático (MPC, Huber, Alemanha) programado para manter a temperatura a 35 °C, sendo esta verificada com auxilio de um termopar (SALCASTERM 200, SALCAS, Brasil), sob agitação manual conforme Figura 4.2. Além do tratamento enzimático, observou-se a necessidade de realizar a centrifugação (Figura 4.3) do suco hidrolisado, de modo a reduzir os sólidos em suspensão, pois em testes preliminares, verificou-se que a presença destes impossibilitava a estabilização da temperatura durante o processo de microfiltração.

Foto: RIBEIRO, L. O. (2013).

Figura 4.2 - Hidrólise enzimática do suco de umbu.

Foto: RIBEIRO, L. O. (2013).

Figura 4.3 - Centrifugação do suco de umbu.

A centrifugação foi realizada em centrífuga de cestos (Centrifuga IEC - Model K

7165, EUA) com malha de nylon de 150 µm. Para a pasteurização, não houve necessidade do uso de pré-tratamento.

4.2.5 MICROFILTRAÇÃO

Na segunda etapa dos experimentos, foram estudadas as condições de processo para a microfiltração, utilizando o suco submetido ao pré-tratamento descrito em 4.2.2. Foi utilizado um sistema de membranas cerâmicas (Modelo L, GEA Filtration, EUA) com tamanho de poro de 0,2 µm totalizando uma área de filtração de 0,022 m^2. A definição da pressão aplicada à membrana foi feita a partir de testes em sistema fechado (simulando um processo contínuo) no qual as duas correntes de processo (permeado e retido) foram recirculadas para o tanque de alimentação. A temperatura e a velocidade tangencial foram mantidas constantes em 35 °C e 6,5 m s^{-1}, respectivamente e variou-se a pressão de 2,0 a 5,5 bar, até que fosse atingido o fluxo limite.

Após a definição da pressão a ser aplicada à membrana, foi realizada a microfiltração do suco de umbu para a obtenção do suco clarificado. Os dois primeiros testes foram realizados com uma menor quantidade de suco (~ 4 kg) e a operação do processo foi em batelada simples, como representado no esquema da Figura 4.4. No último teste, como foi utilizada uma quantidade maior de suco centrifugado (~ 9kg), o processo foi conduzido em batelada alimentada, onde a cada 500 g de suco clarificado recolhido, 500 g de suco centrifugado era alimentado ao sistema. Em todos os testes, foi determinado o fluxo permeado e o fator de concentração ao longo do processo.

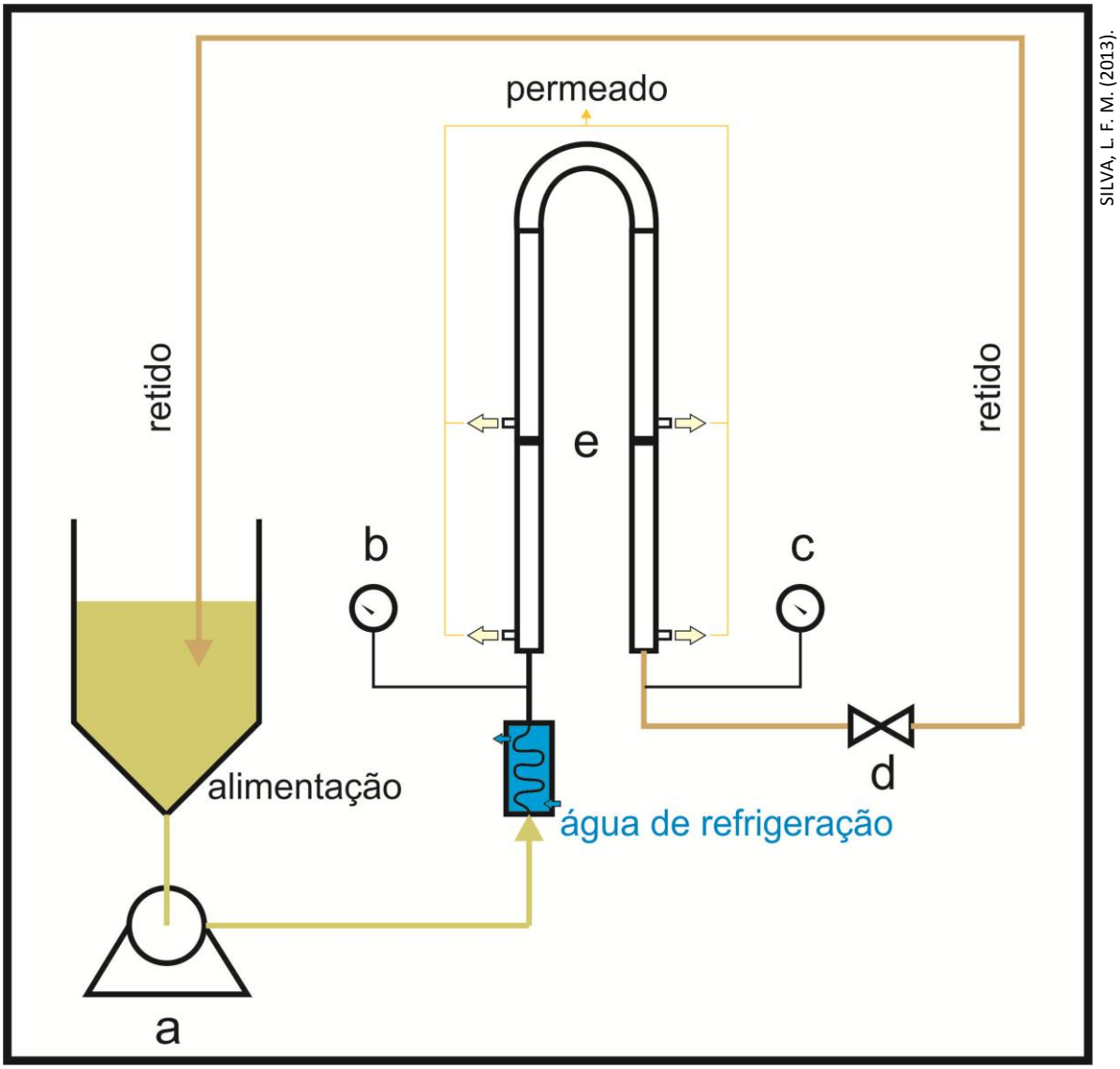


Figura 4.4 - Configuração do sistema de microfiltração operando em batelada simples com recirculação do retido; (a) bomba diafragma, (b) manômetro de entrada, (c) manômetro de saída, (d) válvula de controle de pressão e (e) módulo de membrana cerâmica 0,2 µm de tamanho de poro.

O fluxo de permeado foi determinado pela medida do tempo necessário para recolher uma determinada massa de permeado e calculado utilizando-se a Equação 1:

$$J = \frac{m}{t*A} \qquad (1)$$

onde **m** é a massa de permeado recolhido (kg), **t** é o tempo de coleta da amostra (h) e sendo **A** a área de filtração da membrana (m²).

O cálculo do fator de concentração mássico foi calculado utilizando-se a Equação 2:

$$fc = \frac{m_a}{(m_a - m_p)} \qquad (2)$$

onde $\mathbf{m_a}$ é a massa da alimentação (g) e $\mathbf{m_p}$ é a massa de permeado recolhida (g).

4.2.5.1 Limpeza do sistema de membranas e permeabilidade hidráulica

Após cada processo foi realizada a limpeza do sistema de microfiltração, obedecendo às seguintes etapas:

a) Lavagem com água filtrada em sistema aberto para retirada do excesso de suco;
b) Recirculação de solução de hidróxido de sódio 1% e 200 mL kg^{-1} de hipoclorito de sódio durante 20 minutos com o sistema despressurizado;
c) 10 minutos de recirculação da mesma solução, porém com o sistema pressurizado (ΔP = 2 bar);
d) Lavagem com água filtrada em sistema aberto até atingir pH igual a 7,0 medido com auxílio de papel indicador de pH;
e) Determinação da permeabilidade hidráulica.

O sistema era considerado limpo quando a permeabilidade hidráulica atingia valor igual ou superior a 90% do seu valor original.

A permeabilidade é determinada pela quantidade de água que permeia a membrana em um determinado tempo, por unidade de área e por unidade de pressão. Para a permeabilidade hidráulica do sistema foram utilizados 4 L de água destilada (aquecida a 35 ºC) e o fluxo foi determinado nas pressões de 2,0; 3,5; 4,5 e 5,5 bar.

4.2.6 ESTUDO DA ESTABILIDADE DOS PRODUTOS

Após a análise dos resultados obtidos nos processos de pasteurização e de microfiltração, foram selecionadas as condições operacionais mais adequadas de cada processo, para os processamentos visando o estudo da estabilidade do suco de umbu.

O suco de umbu pasteurizado, na condição selecionada, foi envasado em câmara de envase ultra limpa em garrafas de vidro transparente de 200 mL, previamente sanitizadas com hipoclorito de sódio (20 mL kg^{-1}), da mesma forma que o suco clarificado por microfiltração. As garrafas com os sucos pasteurizado e clarificado foram armazenadas sob refrigeração (6

°C) em BOD durante três meses. As amostras foram retiradas a cada 15 dias para avaliação da qualidade microbiológica e da cor instrumental. As características físico-químicas e os compostos bioativos do suco de umbu foram avaliados a cada 30 dias.

4.2.7 ANÁLISE ESTATÍSICA DOS DADOS

Os dados foram tratados estatisticamente por meio de análise de variância (ANOVA), considerando o teste de *Tukey* para verificação da existência de diferenças significativas entre as médias e utilizando o intervalo de confiança de 95%, utilizando o *software Statistica* 7.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A matéria-prima foi caracterizada quanto às suas características químicas, composição em minerais e compostos bioativos (Tabela 5.1, 5.2 e 5.3 respectivamente). Os dados da composição centesimal do suco de umbu indicam que este é um alimento com baixo teor de proteínas e lipídeos, o que também foi observado por Paula et al. (2012) e Mattietto (2005). Os sólidos solúveis do suco de umbu determinados neste trabalho (cerca de 5 ^{o}Brix) foram inferiores aos reportados por Narain et al. (1992), Paula et al. (2012) e Mattietto (2005), de 10,20, 6,47 e 9,59 °Brix, respectivamente. Esta diferença se deve, provavelmente, ao estádio de maturação do fruto, que afeta diretamente o teor de sólidos solúveis do produto, mas também pode estar relacionada à origem do fruto, ponto de colheita, entre outros fatores.

Tabela 5.1 - Características químicas do suco de umbu.

Parâmetro	**Suco de umbu**
pH	2,51 ± 0,01
Sólidos solúveis (°Brix)	5,00 ± 0,10
Acidez titulável (g ac. cítrico $100g^{-1}$)	1,76 ± 0,01
Umidade (%)	93,21 ± 0,03
Proteínas (%)	0,12 ± 0,00
Lipídeos (%)	0,41 ± 0,00
Cinzas (%)	0,39 ± 0,01
Carboidratos totais (%)*	5,87 ± 0,00

*Calculado por diferença. Resultados apresentados como média ± desvio padrão.

A Tabela 5.2 apresenta a composição em minerais do suco de umbu. Com base na RDC nº 269 de 22 de setembro de 2005 da ANVISA (Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria), que estabelece a ingestão diária recomendada (IDR) de vitaminas, minerais e proteínas, verifica-se que em 100 gramas de suco de umbu tem-se entre 2 e 3% da ingestão diária recomendada para fósforo, magnésio e cálcio respectivamente. Os valores encontrados neste trabalho para o teor de potássio, cálcio e fósforo estão dentro da faixa observada por Mattietto (2005) e Narain et al. (1992), e compatíveis com os dados da Tabela TACO (TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS, 2011). Entretanto, quando

se compara os resultados obtidos para os teores de ferro e zinco, foram obtidos valores bem inferiores aos reportados por Narain et al. (1992), de 1,4 mg 100 g^{-1} de ferro, e por Mattietto (2005), de 0,4 mg 100 g^{-1} para o zinco.

Tabela 5.2 – Composição em minerais do suco de umbu.

Elemento	**Suco de Umbu**
Sódio	2,23 ± 0,00
Potássio	135,97 ± 1,92
Magnésio	7,42 ± 0,26
Cálcio	15,90 ± 0,75
Fósforo	13,45 ± 0,75
Ferro	0,02 ± 0,00
Zinco	0,004 ± 0,000

*Resultados expressos em mg 100 g^{-1} sendo apresentados como média ± desvio padrão.

Na Tabela 5.3 estão apresentados os resultados encontrados para os compostos bioativos e atividade antioxidante do suco de umbu.

Tabela 5.3 - Compostos bioativos e atividade antioxidante do suco de umbu.

Parâmetro	**Suco de umbu**
Ácido ascórbico (mg 100 g^{-1})	6,08 ± 0,21
Compostos fenólios totais (mg ac. gal 100 g^{-1})	234,83 ± 3,49
Rutina (mg 100 g^{-1})*	88,22 ± 2,10
Quercetina (mg 100 g^{-1})*	2,97 ± 0,01
Carotenoides totais (µg 100 g^{-1})	327,35 ± 2,91
Luteína (µg 100 g^{-1})	13,33 ± 0,58
Zeaxantina (µg 100 g^{-1})	4,33 ± 0,58
β-criptoxantina (µg 100 g^{-1})	58,33 ± 0,58
β-caroteno (µg 100 g^{-1})	170,33 ± 1,53
13-cis-β-caroteno (µg 100 g^{-1})	5,33 ± 0,58
9-cis-β-caroteno (µg 100 g^{-1})	23,33 ± 0,58
Atividade Antioxidante (µmol Trolox g^{-1})	11,35 ± 0,54

*Resultados expressos em base seca. Média ± desvio padrão.

O teor de vitamina C reportado neste trabalho representa cerca de 14% da ingestão diária recomendada segundo a RDC n° 269 da ANVISA (2005). Quando comparado com o resultado da tabela TACO (2011), verificou-se um conteúdo aproximadamente 50% maior de vitamina C no suco estudado neste trabalho. Esta diferença pode se dar tanto pela variabiliade da matéria-prima quanto pela metodologia de detecção analítica empregada. Os dados reportados na tabela TACO são quantificados por cromatografia líquida de alta eficiência, técnica bem mais eficiente do que a empregada neste trabalho. Porém quando comparados aos dados reportados na literatura, diferenças ainda foram observadas, mesmo sendo a metodologia de análise a mesma. Exemplo disto são os resultados reportados por Paula et al. (2012), com teor igual a 24,97, Narain et al. (1992) com 13,2 e Mattietto (2005) com 23,83 todos expressos em mg 100 g^{-1}. Neste caso a grande variabilidade entre eles, deve-se, possivelmente, à origem, estado de maturação e forma de obtenção das amostras.

O teor de compostos fenólicos do suco de umbu encontrado neste trabalho (284,33 mg 100 g^{-1}) foi superior aos dados reportados por Rufino et al. (2010), tanto para a polpa de umbu, de 90,4 mg 100 g^{-1}, quanto para as polpas de outras frutas tropicais como cajá, caju e jambolão, cujos teores foram de 72,0, 118,0, 185,0 mg 100 g^{-1} , respectivamente. E também maior do que o encontrado por Oliveira et al. (2011) em frutas como goiaba (159,8 mg 100 g^{-1}), mamão (88,1 mg 100 g^{-1}) e manga (59,8 mg 100 g^{-1}).

De acordo com Godoy et al. (2013), de 18 padrões de flavonoides testados, apenas quercetina e rutina foram encontrados no suco de umbu em concentrações acima do limite de detecção do método. Na Figura 5.1 ilustra-se o cromatograma dos flavonoides do suco de umbu.

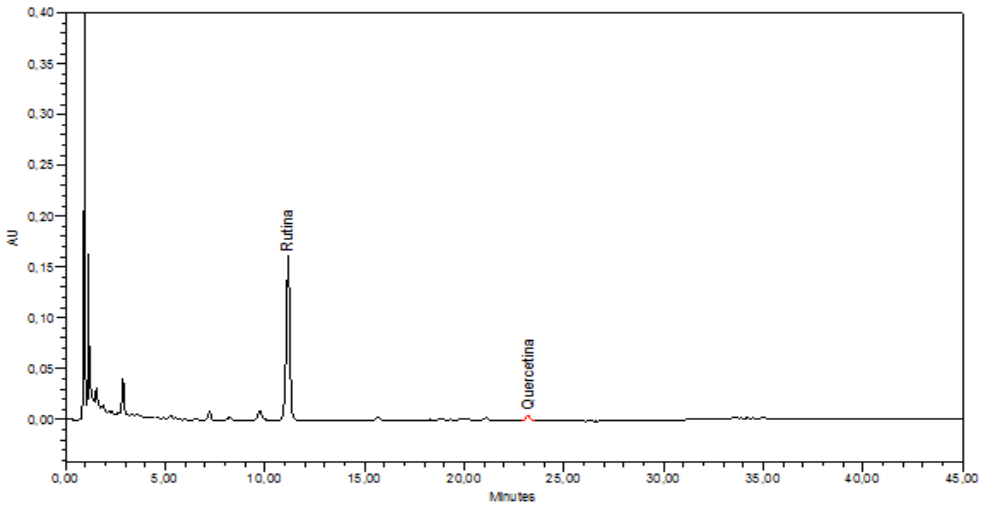


Figura 5.1 - Cromatograma com os flavonoides do suco de umbu obtidos por CLAE com detector de arranjo de diodos a 260 nm.

Genovese et al. (2008) quantificaram a quercetina na polpa de umbu. Em base seca, o teor deste fenólico foi igual a 9,4 mg 100 g^{-1} de amostra, cerca de três vezes maior ao verificado neste trabalho, que foi de 2,97 mg 100 g^{-1}.

Silva et al. (2013), ao quantificar os compostos fenólicos no cajá, reportaram um teor de 1,12 mg 100 g^{-1} de quercetina, inferior ao encontrado no suco de umbu utilizado neste trabalho.

Não foram encontrados dados na literatura sobre a concentração de rutina no suco de umbu. Porém, o suco de umbu superou, em teor de rutina, frutos como camu-camu, reportado por Gonçalves (2012) com concentração de 37 mg 100 g^{-1} em base seca.

O teor de carotenoides do suco obtido neste trabalho se encontra dentro da faixa reportada na literatura que varia de 302 µg 100 g^{-1} (MELO et al., 2010) a 760 µg 100 g^{-1} (OLIVEIRA et al., 2011). Quando comparado a outros frutos como pêssego com teor de 1160 µg 100 g^{-1} (OLIVEIRA, PINTADO & ALMEIDA, 2012), mamão, com cerca de 4500 µg 100 g^{-1} (SHINAGAWA, 2009) e manga com 3544 µg 100 g^{-1} (SOARES & JOSÉ, 2013), constata-se que o suco de umbu possui teor bem menos expressivo de carotenoides.

Com relação ao perfil de carotenoides (Figura 5.2) do umbu, pode-se ressaltar a presença de luteína, zeaxantina e β-criptoxantina, que têm sido relacionados com a redução da incidência de câncer de próstata (ZHANG et al., 2007), câncer no sistema linfático (KELEMEN et al., 2006) e outros, como, também, a bem conhecida atividade pró-vitamínica A do β-caroteno que é o carotenoide majoritário no suco de umbu.

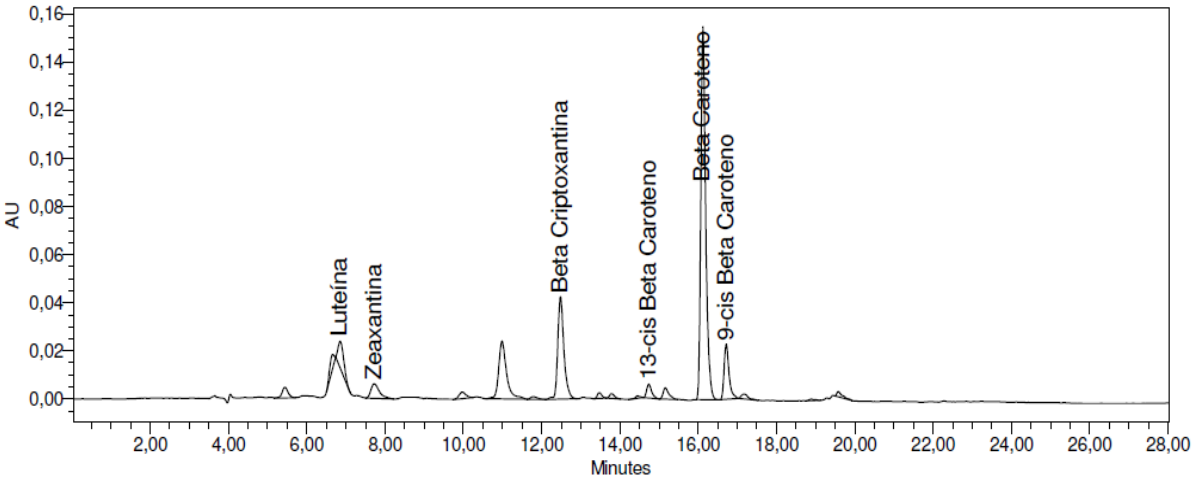


Figura 5.2 - Perfil cromatográfico de carotenoides no suco de umbu obtidos por CLAE com detector de arranjo de diodos a 450 nm.

A atividade antioxidante, medida pela redução do radical ABTS+ e expressa em µmol Trolox g^{-1}, foi superior à reportado por Rufino et al. (2010), de 6,3 µmol Trolox g^{-1}, que também quantificou a atividade antioxidante pelo método de redução do radical ABTS+.

Júnior (2008), ao analisar genótipos do umbu, obteve valores de atividade antioxidante, também pelo método de redução do ABTS+, entre 9,83 e 33,96 µmol Trolox.g^{-1}, o que situa o suco analisado neste trabalho dentro da faixa observada por este autor.

Ao comparar o suco de umbu com os resultados encontrados por Kuskoski et al. (2006) para polpas de frutas congeladas, verificou-se que o suco de umbu apresentou atividade antioxidante maior que as das polpas de frutos como abacaxi, goiaba, morango e graviola, sendo apenas menor que a da polpa de acerola (53,2 µmol Trolox g^{-1}) e de manga (12,9 µmol Trolox g^{-1}). Este resultado coloca em destaque o suco de umbu, justificando ainda mais o seu consumo.

Segundo Saura-Calixto & Goñi (2006), a atividade antioxidante da dieta mediterrânea espanhola, considerando o consumo diário médio por pessoa, também medida pelo método do ABTS, apresentou quantidade de Trolox equivalente igual a 3549. Neste estudo, o autor levou em consideração o consumo diário de cereais, frutas, legumes, castanhas, óleos vegetais e bebidas como vinho, cerveja, café e outras. Tomando como base este dado, o suco umbu utilizado neste trabalho fornece 26% da atividade antioxidante observada para a dieta mediterrânea espanhola, ou seja, uma quantidade de Trolox equivalente de 920.

5.2 PASTEURIZAÇÃO

A Tabela 5.4 apresenta os resultados obtidos para a qualidade microbiológica do suco de umbu pasteurizado e para o controle (suco sem tratamento), onde se pode constatar a eficiência do processo, em todas as condições do delineamento, para a obtenção de suco de umbu pasteurizado de acordo os limites estabelecidos pela legislação brasileira (AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA, 2001).

Por se tratar de uma matéria-prima comercial pode-se ressaltar a qualidade da manipulação do fruto em toda a cadeia produtiva para a obtenção do produto, visto que o controle, no que diz respeito aos parâmetros microbiológicos, também se encontrou dentro dos limites exigidos pela legislação (AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA, 2001).

Os níveis do planejamento experimental utilizados neste estudo basearam-se em dados da literatura para sucos e polpas de frutas, objetivando-se o uso das condições mais brandas possíveis, que assegurassem a qualidade microbiológica, preservando-se os compostos com

potencial antioxidante. Oliveira (2006) estudou a pasteurização da polpa de umbu também aplicando um delineamento do tipo fatorial completo, onde a temperatura variou de 88 a 96 °C e o tempo de 10 a 30 segundos, faixa um pouco menor do que a utilizada no presente trabalho. Outros estudos, como os realizados por Sancho et al. (2007) com a polpa de caju, Bastos et al. (2008), com a polpa de taperebá e Silva (2013), com a polpa de juçara, também trabalharam em faixas de temperaturas que variaram de 70 a 90 °C e tempos de 1 a 300 s. Segundo Bastos et al. (2008), aplicar temperaturas acima de 90 °C pode afetar significativamente a qualidade sensorial do suco de fruta, devido à degradação de compostos termolábeis, como vitamina C e carotenoides.

Tabela 5.4 - Qualidade microbiológica do suco de umbu pasteurizado e do controle nas diferentes condições do planejamento experimental.

Tratamentos	**Coliformes a 45 °C (NMP/g)**	**Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)**	***Salmonella* sp (em 25g)**	**Contagem aeróbios mesófilos (UFC/g)**
Controle	<3	$2,5 \times 10^2$	Ausencia	$<1,0 \times 10^1$
1 (76°C/10s)	<3	$1,0 \times 10^2$	Ausencia	$<1,0 \times 10^1$
2 (76°C/40s)	nr*	$5,0 \times 10^1$	nr	$<1,0 \times 10^1$
3 (96°C/10s)	nr	$1,0 \times 10^1$	nr	$<1,0 \times 10^1$
4 (96°C/40s)	nr	$1,0 \times 10^1$	nr	$<1,0 \times 10^1$
5 (86°C/25s)	nr	$5,0 \times 10^1$	nr	$<1,0 \times 10^1$
6 (86°C/25s)	nr	$1,0 \times 10^1$	nr	$<1,0 \times 10^1$
7 (86°C/25s)	nr	$1,0 \times 10^1$	nr	$<1,0 \times 10^1$

*não realizado.

Os resultados obtidos para as características físico-químicas do suco de umbu são apresentados na Tabela 5.5.

Com relação aos sólidos solúveis verificou-se um aumento na amostra do tratamento 4 em relação ao controle. Este aumento pode ser explicado pela concentração da amostra devido ao uso de um maior tempo e temperatura, com uma possível evaporação.

Faraoni et al. (2008) observaram um aumento nos sólidos solúveis da polpa de manga

após a pasteurização, quando trabalhando em faixas de tempo e temperatura entre 4,6 a 8,7 minutos e 75 a 80 °C, respectivamente. O aumento dos sólidos solúveis também foi observado por Sancho et al. (2007) para o suco de caju pasteurizado a 90 °C por 60 s.

A acidez titulável do suco de umbu diminuiu em todos os tratamentos em relação ao controle, sendo a maior redução observada nos pontos centrais do delineamento. Faraoni et al. (2008) e Sancho et al. (2007) também observaram este comportamento para as polpas de manga e caju, respectivamente, nas condições reportadas anteriormente.

Tabela 5.5 - Características físico-químicas do suco de umbu pasteurizado e do controle nas diferentes condições do planejamento experimental.

Tratamentos	**pH**	**Sólidos Solúveis (°Brix)**	**Acidez (g ácido cítrico 100 g^{-1})**
Controle	2,51	4,7	1,68
1 (76°C/10s)	2,51	4,7	1,67
2 (76°C/40s)	2,51	4,7	1,68
3 (96°C/10s)	2,50	4,7	1,66
4 (96°C/40s)	2,53	5,2	1,66
5 (86°C/25s)	2,54	4,7	1,60
6 (86°C/25s)	2,54	4,7	1,61
7 (86°C/25s)	2,51	4,7	1,60

Média dos resultados.

Avaliando-se o efeito das variáveis estudadas sobre as características físico-químicas do suco de umbu após a pasteurização, verificou-se que o binômio tempo x temperatura não exerceu influencia significativa sobre o pH, o teor de sólidos solúveis e a acidez do suco, como pode ser observado pelos gráficos de Pareto mostrados nas Figuras 5.3, 5.4 e 5.5.

De acordo com Oliveira (2006), não foi encontrada diferença significativa sobre as características físico-químicas da polpa de umbu após o processo de pasteurização mostrando que as condições de processo, temperatura (88 a 96 °C) e tempo (10 a 30 s), não tiveram influencia significativa sobre o produto obtido. O autor relata ainda que, para a condição de maior tempo e temperatura, houve um aumento da acidez e dos sólidos solúveis da polpa de umbu em relação à polpa branqueada, o que corrobora com este trabalho.

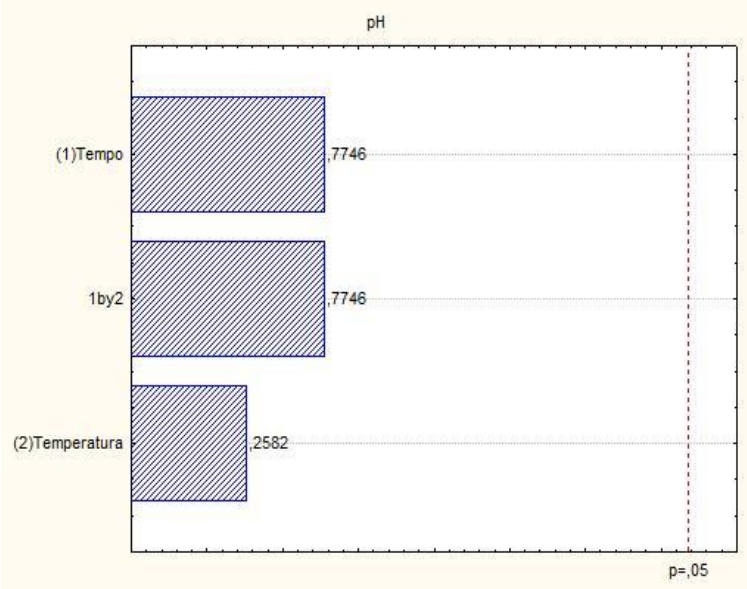


Figura 5.3 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre o pH do suco de umbu.

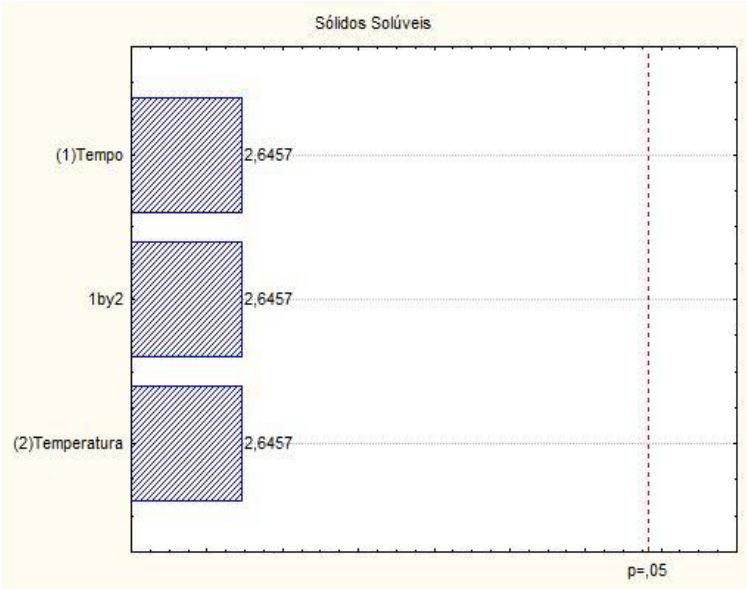


Figura 5.4 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre os sólidos solúveis do suco de umbu.

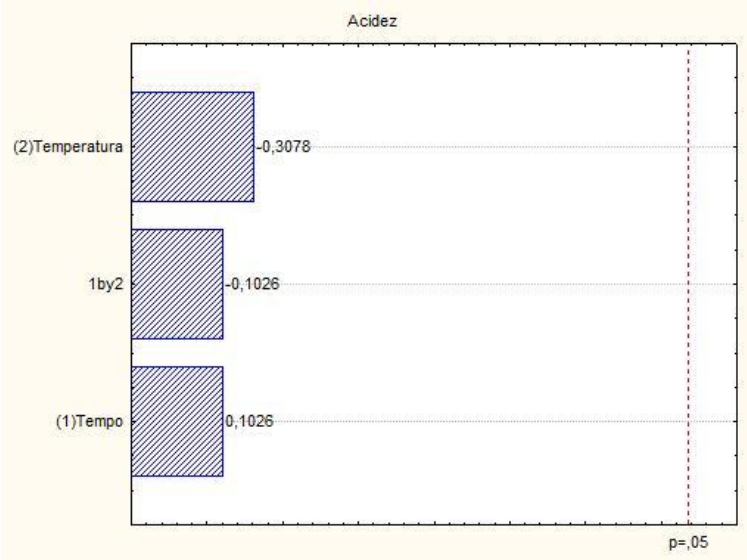


Figura 5.5 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a acidez do suco de umbu.

O teor de carotenoides (CT), compostos fenólicos totais (FT) e a atividade antioxidante (AA) do suco de umbu pasteurizado e do controle também foram determinados e os resultados se encontram na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Carotenoides totais, fenólicos totais e atividade antioxidante do suco de umbu pasteurizado e do controle nas diferentes condições do planejamento experimental.

Tratamentos	**CT (µg β-caroteno 100 g^{-1})**	**FT (mg ac. gálico 100 g^{-1})**	**AA (µmol Trolox g^{-1})**
Controle	313,13	194,36	11,20
1 (76°C/10s)	313,43	184,18	11,16
2 (76°C/40s)	310,58	182,26	10,93
3 (96°C/10s)	310,13	180,17	10,81
4 (96°C/40s)	306,10	196,65	11,55
5 (86°C/25s)	309,64	177,33	10,71
6 (86°C/25s)	309,46	177,48	10,65
7 (86°C/25s)	309,50	177,76	10,71

CT- carotenoides totais; FT- fenólicos totais; AA- atividade antioxidante. Média dos resultados.

A maior perda de carotenoides se deu no tratamento 4 (96 ^{o}C/40 s), no qual foi empregada a maior relação tempo x temperatura. Esta degradação acontece devido à elevada insaturação deste tipo de molécula, que, durante o processamento, sofre isomerização geométrica e oxidação, resultando na perda da cor e na alteração da atividade biológica. Sabe-se que calor, luz e ácidos induzem à isomerização e que a oxidação depende da disponibilidade de oxigênio e é estimulada pela luz, calor, presença de metais, enzimas e peróxidos (Rodriguez-Amaya, 2002).

O efeito das variáveis avaliadas na pasteurização sobre os carotenoides do suco de umbu podem ser visualizados na Figura 5.6, por meio do gráfico de Pareto.

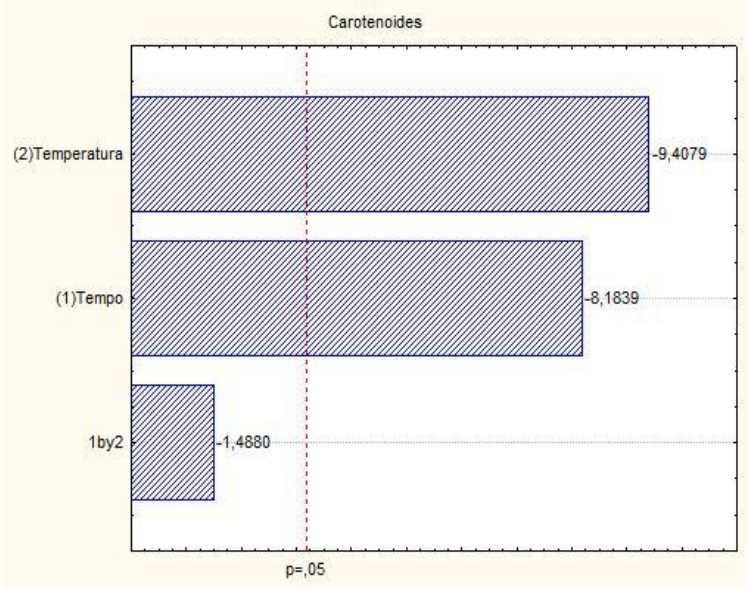


Figura 5.6 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre o teor de carotenoides do suco de umbu.

Pelo gráfico de Pareto (Figura 5.6), pode-se observar que a variável temperatura teve o maior efeito sobre a degradação dos carotenoides no suco de umbu, seguida pelo tempo, que também apresentou um efeito significativo ($p<0,05$). O coeficiente de correlação para o teor de carotenoides foi de 0,9813, mostrando que 98% dos dados foram explicados pelo delineamento proposto. Oliveira (2006), ao estudar a pasteurização da polpa de umbu em outra faixa de tempo e temperatura (88 a 92 °C/10 a 30 s), não verificou efeito das condições do processo sobre os carotenoides do suco.

Sales & Waughon (2013) investigaram o efeito da pasteurização sobre os carotenoides das polpas de murici e de cajá utilizando um planejamento experimental nas faixas de 1 a 300 s e 70 a 90 °C. Os autores relataram que para a polpa de murici não se observou diferença

significativa no teor de carotenoides nas diferentes condições do delineamento estudado. Segundo os autores, isto se deve à presença de lipídeos que funcionam como isolantes térmicos protegendo os carotenoides presentes na polpa de murici. Para a polpa de cajá, os autores encontraram diferença significativa entre os tratamentos, sendo a maior degradação verificada na condição de maior temperatura e tempo (90 °C/300 s).

Com relação ao teor de fenólicos, observou-se um aumento na amostra do tratamento 4 em relação aos demais tratamentos, como também em relação ao controle. Este aumento, provavelmente, está relacionado com a perda de água da amostra devido à temperatura empregada (96 °C), o que é corroborado pelo teor de sólidos solúveis (Tabela 5.5) desta amostra, que também foi mais alto. O efeito da temperatura e do tempo de pasteurização sobre o teor de compostos fenólicos do suco de umbu está ilustrado na Figura 5.7.

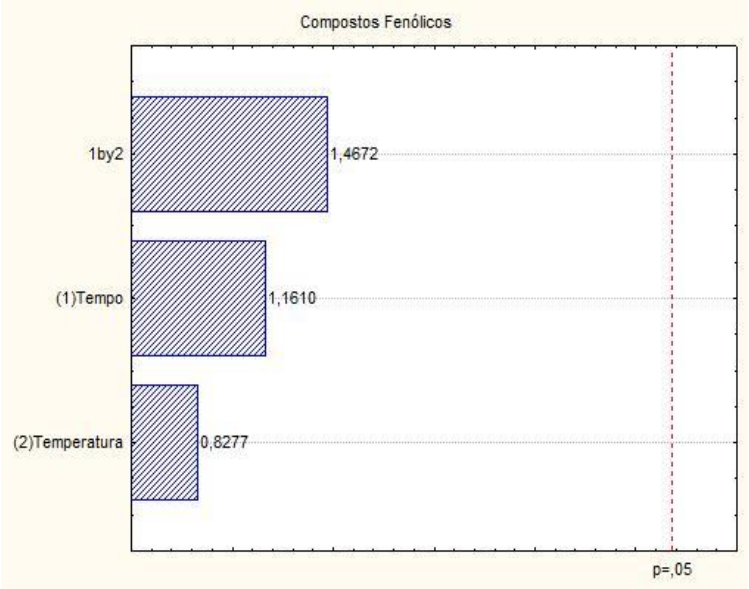


Figura 5.7 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre o teor de fenólicos do suco de umbu.

Pelo gráfico de Pareto observa-se que não houve efeito significativo ($p<0,05$) das condições do processo de pasteurização sobre o teor de fenólicos do suco de umbu. A interação das variáveis independentes (tempo x temperatura) se mostrou mais influente na degradação destes compostos. Para esta resposta obteve-se um coeficiente de correlação igual a 0,5825, mostrando que o delineamento proposto explicou apenas 58% dos dados experimentais. Oliveira, Pintado & Almeida (2012) não observaram redução significativa no teor de fenólicos de pêssego submetido a pasteurização a 90 °C por 5 minutos o que mostra a estabilidade destes compostos quando submetidos a este tipo de tratamento térmico.

Os compostos fenólicos pertencem a um grupo de substancias que possuem estabilidade variável, devido às diversas estruturas encontradas neste grupo, sendo estes diretamente afetados por temperatura, luz, contato com oxigênio, pH básico e outros.

O comportamento da atividade antioxidante foi semelhante ao dos compostos fenólicos, onde se verificou um maior valor na amostra do tratamento 4, não sendo observado efeito significativo das variáveis independentes sobre a mesma. As moléculas como da vitamina C, compostos fenólicos, carotenoides apresentam atividade antioxidante, pois a estrutura molecular destes compostos, com ligações duplas conjugadas, tanto de forma linear quanto cíclica, é capaz de capturar radicais livres. O efeito dos tratamentos sobre a atividade antioxidante do suco de umbu pode ser visto pelo gráfico de Pareto na Figura 5.8.

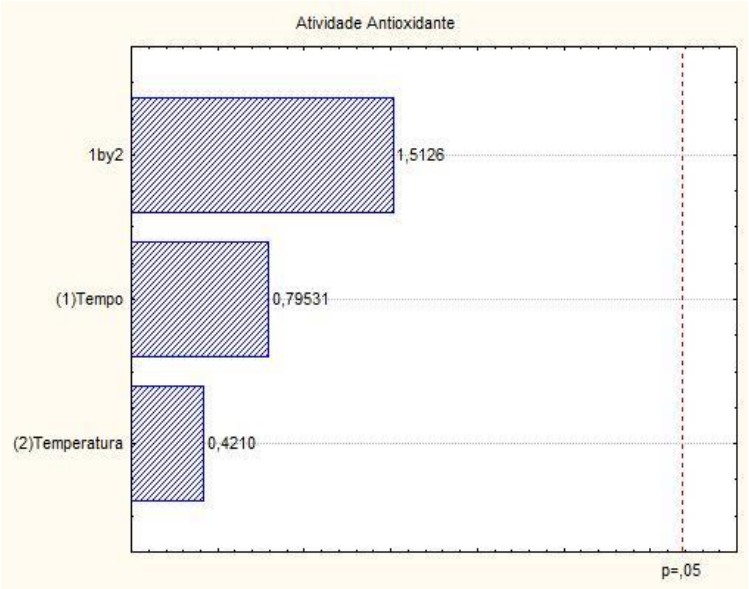


Figura 5.8 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a atividade antioxidante do suco de umbu.

A degradação de substâncias como carotenoides, vitamina C e fenólicos está diretamente relacionada ao escurecimento do produto. O processamento térmico tem por objetivos reduzir a carga microbiana inicial e inativar enzimas que possam causar alterações sensoriais, aumentando a vida útil do produto. Porém, o binômio tempo x temperatura pode afetar consideravelmente a sua cor. Sabendo que a cor exerce influencia direta e decisiva na aceitação do produto e que o tratamento térmico pode comprometer a mesma, é fundamental o acompanhamento deste parâmetro na avaliação da qualidade de um alimento ou bebida. Na Tabela 5.7 estão apresentados os resultados de cor instrumental do suco de umbu pasteurizado e do controle.

Tabela 5.7 - Parâmetros de cor instrumental para o suco de umbu pasteurizado e para o controle nas diferentes condições do planejamento experimental.

Tratamentos	L*	a*	b*	H°
Controle	48,87	-0,47	13,19	92,04
1 (76°C/10s)	47,36	-0,47	12,24	92,16
2 (76°C/40s)	47,12	-0,45	12,70	92,02
3 (96°C/10s)	47,95	-0,38	12,41	91,75
4 (96°C/40s)	45,92	-0,78	11,29	94,16
5 (86°C/25s)	47,53	-0,55	12,55	92,80
6 (86°C/25s)	47,47	-0,55	12,40	92,84
7 (86°C/25s)	47,60	-0,51	12,56	92,61

L*- luminosidade, onde 0 representa mais escuro e 100 mais claro; a*- parâmetro de cor a, que compreende -80 até 0 = verde, de 0 a +100 = vermelho; b*- parâmetro de cor b, que compreende -100 até 0 = azul, de 0 a +70 = amarelo; H°- ângulo Hue. Média dos resultados

Os resultados da análise instrumental de cor também mostraram diferença da amostra obtida no tratamento 4 em relação ao controle, para todos os parâmetros analisados. O parâmetro L* (luminosidade) está relacionado com o escurecimento do suco e varia de 0 a 100, com o 0 representando o mais escuro e 100, o mais claro.

O efeito das variáveis de processo foi analisado por meio do gráfico de Pareto (Figura 5.9), onde se observou que o tempo de retenção exerceu efeito significativo sobre a luminosidade do suco de umbu pasteurizado, sendo verificada uma diminuição de 6% da luminosidade no produto pasteurizado na condição mais drástica em relação ao controle.

Segundo Oliveira (2006) a luminosidade da polpa de umbu submetida à pasteurização com temperatura entre 88 e 92 °C e tempo de 10 a 30 s foi afetada significativamente pela temperatura do processo, diferentemente do verificado neste trabalho. Esta diferença pode ser atribuída às condições de processo que foram diferentes, sendo utilizadas, neste trabalho, maiores faixas de tempo e temperatura.

Pelais, Rogez & Pena (2008) relataram alterações na luminosidade da polpa de murici pasteurizada tanto no teste em escala de bancada quanto em escala piloto, porém as alterações não foram significativas na escala piloto, devido ao maior controle do processo de pasteurização nesta escala.

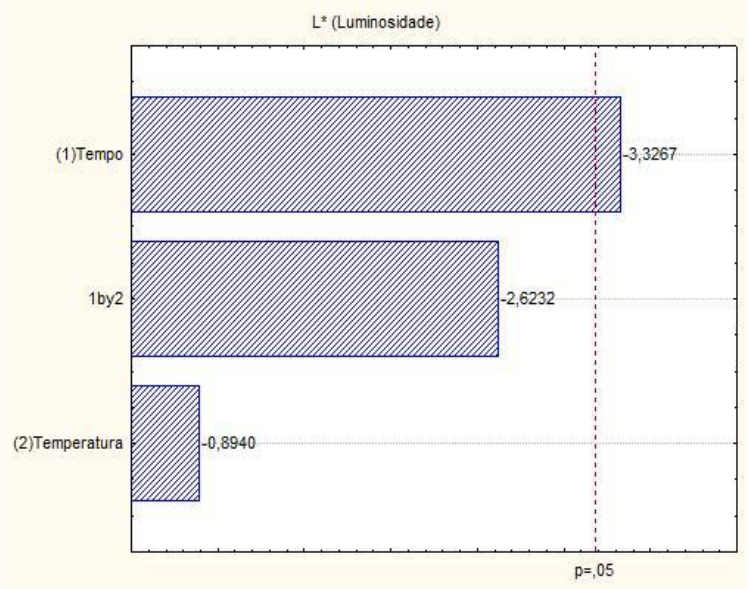


Figura 5.9 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a luminosidade (L*) do suco de umbu.

Os parâmetros a* e b* correspondem às faixas de cores, sendo que para o a* esta faixa vai de -80 até zero = verde, de zero a +100 = vermelho, e para o b* de -100 até zero = azul, de zero a +70 = amarelo. Com os resultados encontrados, tanto para os sucos tratados termicamente quanto para o controle, o parâmetro a* se localizou na faixa que compreende a cor verde e o parâmetro b* na faixa que determina a cor amarela, o que traduz bem a cor do suco de umbu.

A influencia das condições de pasteurização do suco de umbu sobre a intensidade de cor verde (a*) está mostrada na Figura 5.10. O gráfico de Pareto mostrou que a interação do tempo com a temperatura exerceu maior efeito sobre o parâmetro a*, modificando significativamente a cor verde do suco de umbu.

Os resultados reportados por Oliveira (2006) para o parâmetro de cor a* da polpa de umbu apontaram para uma coloração localizada na faixa vermelha tanto para as polpas tratadas termicamente quanto para a polpa branqueada. Os valores relatados por eles estão compreendidos na faixa entre 1,82 a 2,65 para os tratamentos e 1,32 para a polpa branqueada, mostrando que com os tratamentos, a polpa adquiriu ainda mais a tonalidade avermelhada em comparação com a polpa branqueada. Os autores observaram a maior alteração deste parâmetro no tratamento com o emprego de maior tempo e temperatura (96 °C/30 s), dado similar ao observado no presente trabalho, onde, apesar de em uma condição diferente, a maior relação tempo x temperatura provocou a maior alteração no suco.

A diferença reportada por Oliveira (2006) deve-se provavelmente ao estádio de maturação do fruto utilizado no trabalho, pois o amadurecimento do fruto está diretamente ligado às alterações bioquímicas que comprometem sua cor. Um exemplo disto é o aparecimento de novos compostos como carotenoides, que se dá ao longo do amadurecimento, o que não se observa para a vitamina C, onde, com o amadurecimento do fruto ocorre diminuição deste composto (GOUVEA et al., 2013).

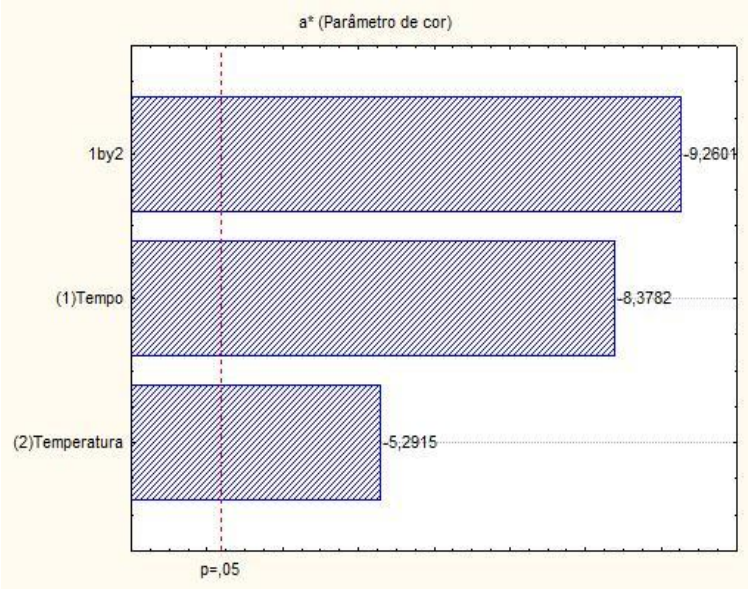


Figura 5.10 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a cor (parâmetro a*) do suco de umbu.

Para a intensidade de cor amarela (parâmetro de cor b*) do suco de umbu, não foi observado efeito significativo (Figura 5.11) das condições operacionais sobre a mesma. Como mencionado anteriormente, os resultados obtidos para este parâmetro demonstraram que o suco preservou a coloração amarelada mesmo após o tratamento térmico. A coloração amarela do suco de umbu está relacionada com a presença de carotenoides e, para o caso do umbu, presença majoritaria de β-caroteno.

Os valores do parâmetro de cor (b*) reportados por Oliveira (2006) para a polpa de umbu antes e pós-tratamento foram de 22,50 para a polpa branqueada e 21,80 para o tratamento mais drástico (92 °C/30 s). Estes valores diferem bastante dos obtidos no presente trabalho devido ao sistema utilizado por aquele autor (Hunter), cujo cálculo dos parâmetros de cor é diferente ao do CieLab, utilizado no presente trabalho. Além disto, neste trabalho foi utilizado um suco comercial que, até o início dos experimentos, foi armazenado sob congelamento, enquanto que no trabalho realizado por Oliveira (2006), a polpa foi obtida a

partir dos frutos *in natura* que, possivelmente, se encontravam em estádio de maturação diferente, sendo analisados em período de tempo menor, reduzindo, assim, o risco de oxidação e perda de compostos relacionados com a cor do fruto. No entanto, observou-se comportamento similar nos dois trabalhos, onde a maior redução do parâmetro b* foi evidenciada no tratamento com maior tempo e temperatura.

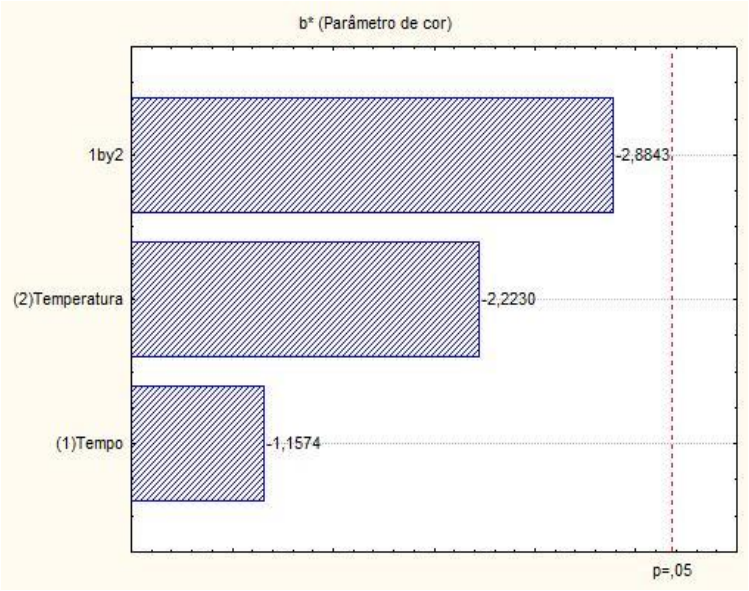


Figura 5.11 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a cor (parâmetro b*) do suco de umbu.

Com relação ao ângulo Hue, pode-se observar influencia das duas variáveis independentes, bem como da sua interação sobre este parâmetro (Figura 5.12). O coeficiente de correlação para esta resposta foi de 0,97, o que demonstra que os dados se ajustaram bem ao delineamento.

Em função dos resultados obtidos e considerando-se o aspecto econômico, pelo menor gasto de energia, definiu-se como a condição mais adequada para a pasteurização do suco de umbu aquela do ponto central do delineamento proposto (86 ^{o}C/25 s). Nesta condição, verificou-se uma maior redução da carga microbiana, pouco efeito sobre os parâmetros de cor e, em relação aos compostos bioativos, em particular os carotenoides, não houve influencia significativa nos resultados, de acordo com o teste de *Tukey* ($p>0,05$) (Apêndice L).

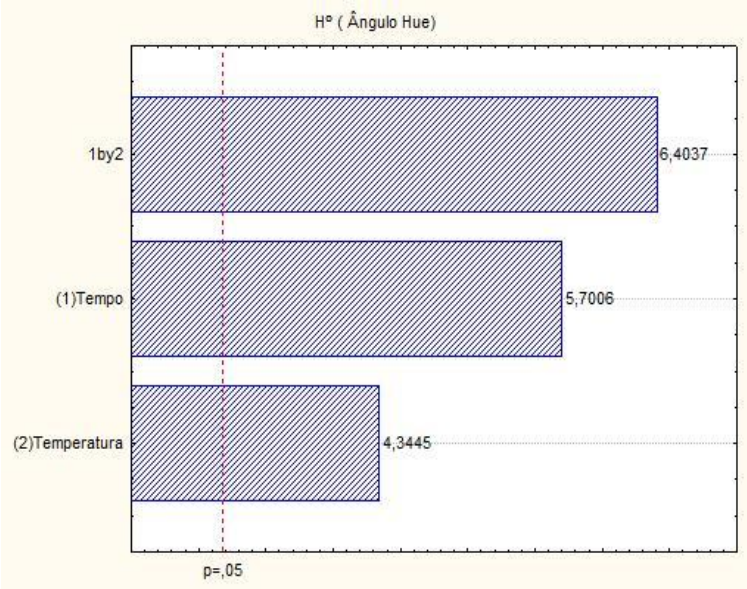


Figura 5.12 - Efeito das condições do processo de pasteurização sobre a cor (ângulo Hue) do suco de umbu.

5.2.1 Efeito da pasteurização sobre as características do suco de umbu

A Tabela 5.8 mostra os resultados obtidos para o suco de umbu pasteurizado na melhor condição de processo (86 ^{o}C / 25 s) e para o controle.

A qualidade microbiológica do suco de umbu se manteve dentro dos limites estabelecidos pela legislação brasileira (AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA, 2001) tanto para o controle, quanto para o suco pasteurizado. A respeito dos parâmetros físico-químicos, pode-se destacar a relação pH/acidez, onde com o aumento do pH se observou, como esperado, diminuição na acidez do produto pasteurizado.

Quando analisados os resultados da cor, em todos os parâmetros, observaram-se alterações significativas ($p<0,05$). Como já discutido anteriormente, os carotenoides têm influencia direta na cor do suco de umbu e, com exceção da zeaxantina e do 13-cis-β-caroteno, todos os outros carotenoides presentes no suco de umbu sofreram degradação com a pasteurização. Os carotenoides que apresentaram maior degradação após a pasteurização foram a luteína (37,5%), β-criptoxantina (10,8%) e β-caroteno (6,7%).

Oliveira, Pintado & Almeida (2012) ao estudarem a pasteurização de pêssego a 90 °C por 5 min observaram alterações no perfil de carotenoides do mesmo. Os autores relataram decréscimo nos níveis de zeaxantina e degradação total da β-criptoxantina, porém os níveis de luteína e β-caroteno permaneceram inalterados após a pasteurização.

Tabela 5.8 – Características químicas, compostos bioativos, atividade antioxidante, cor instrumental e qualidade microbiológica do suco de umbu pasteurizado a 86 ^{o}C/25 s e do controle.

Parâmetro	**Controle**	**Suco pasteurizado**
pH	2,49 ± 0,01^{a}	2,51 ± 0,01^{b}
Sólidos solúveis (°Brix)	4,9 ± 0,1^{a}	5,0 ± 0,1^{a}
Acidez titulável (g 100 g^{-1})	1,70 ± 0,00^{a}	1,67 ± 0,01^{b}
Umidade (%)	93,10 ± 0,10^{a}	93,88 ± 0,99^{a}
Vitamina C (mg 100 g^{-1})	7,83 ± 0,11^{a}	6,23 ± 0,33^{b}
Compostos fenólios totais (mg ac. gal 100 g^{-1})	193,13 ± 3,77^{a}	191,34 ± 4,51^{a}
Rutina (mg 100 g^{-1})	88,22 ± 2,10^{a}	82,40 ± 2,05^{a}
Quercetina (mg 100 g^{-1})	2,97 ± 0,01^{a}	2,32 ± 0,06^{b}
Atividade Antioxidante (µmol Trolox g^{-1})	11,04 ± 0,33^{a}	10,74 ± 0,13^{a}
Carotenoides totais (µg 100 g^{-1})	327,35 ± 2,91^{a}	309,58 ± 8,59^{b}
Luteína (µg 100 g^{-1})	13,33 ± 0,58^{a}	8,33 ± 0,58^{b}
Zeaxantina (µg 100 g^{-1})	4,33 ± 0,58^{a}	4,33 ± 0,58^{a}
β-criptoxantina (µg 100 g^{-1})	58,33 ± 0,58^{a}	52,00 ± 2,65^{b}
β-caroteno (µg 100 g^{-1})	170,33 ± 1,53^{a}	159,00 ± 3,00^{b}
13-cis-β-caroteno (µg 100 g^{-1})	5,33 ± 0,58^{a}	5,00 ± 0,00^{a}
9-cis-β-caroteno (µg 100 g^{-1})	23,33 ± 0,58^{a}	22,00 ± 0,00^{b}
Luminosidade (L*)	47,98 ± 0,13^{a}	46,37 ± 0,13^{b}
Parâmetro de cor (a*)	- 0,31 ± 0,04^{a}	0,26 ± 0,04^{b}
Parâmetro de cor (b*)	12,76 ± 0,07^{a}	11,84 ± 0,07^{b}
Ângulo de Hue (H°)	91,41 ± 0,19^{a}	88,76 ± 0,21^{b}
Salmonella sp (ausência em 25 g)	Ausencia	Ausencia
Coliformes a 45 °C (NMP/g)	<3	<3
Fungos e leveduras (UFC/g)	< 1,0 x 10¹	< 1,0 x 10¹

Letras iguais na mesma linha não apresentam diferença significativa entre os resultados ($p<0,05$). Resultados expressos em média ± desvio padrão.

Gama & Sylos (2007), ao estudarem a pasteurização do suco de laranja com temperatura entre 95 – 105 °C por 10 segundos, observaram a perda de violaxantina (38%), luteína (20%), ζ-caroteno (14%), α-caroteno (13%), β-caroteno (11%) e zeaxantina (9%). Segundo estes autores, como os carotenoides são considerados ativos contra a degeneração

macular e cataratas relacionadas com a idade, é importante o estudo das condições operacionais da pasteurização para que se tenha não somente a garantia da qualidade microbiológica, como também a preservação dos compostos bioativos do suco em questão.

Os compostos fenólicos e a atividade antioxidante não tiveram seus níveis alterados significativamente após a pasteurização, comportamento que também foi observado por Oliveira, Pintado & Almeida (2012) na pasteurização do pêssego, operando a 90 °C por 5 minutos. Entre os compostos fenólicos identificados neste trabalho, não se observou diferença significativa para a rutina, flavonoide presente em maior concentração, apesar de, pelo teste de *Tukey*, a pasteurização ter afetado significativamente ($p<0,05$) a concentração de quercetina.

5.2.2 Aceitabilidade dos néctares obtidos a partir do suco de umbu pasteurizado

Os resultados encontrados para avaliação sensorial dos néctares de umbu (Tabela 5.9) foram satisfatórios, pois apesar do umbu ser pouco consumido na região Sudeste, em especial no estado do Rio de Janeiro, duas amostras do delineamento tiveram boa aceitação (amostras 2 e 8) onde as médias das notas obtidas no teste sensorial estiveram na faixa compreendida entre nem gostei e nem desgostei e gostei muitíssimo. Observou-se, claramente, o efeito do percentual de açúcar na preferência destes néctares. O gráfico de Pareto (Figura 5.13) mostra os efeitos das variáveis independentes sobre a aceitabilidade do néctar de umbu, onde se verifica a influencia do teor de açúcar sobre a aceitação do produto.

Como relatado anteriormente o suco de umbu possui sabor agridoce característico, devido, principalmente, ao seu pH muito baixo, em torno de 2,5. Visando à conservação, esse pH é ótimo, pois inibe o crescimento de microrganismos, porém, em termos sensoriais, uma acidez elevada não é muito bem aceita pelos consumidores. Neste caso, a diluição e a adição de açúcar favoreceram a aceitação sensorial do produto.

Matietto (2005), ao desenvolver um néctar misto de umbu e cajá, preliminarmente avaliou a aceitação dos néctares dos frutos individualmente. O autor realizou testes sensoriais com néctares que possuíam teores de sólidos solúveis iguais a 14, 16 e 18 °Brix e verificou que o néctar de umbu com 18 °Brix foi o que obteve maior aceitação, comprovando assim a influencia do açúcar na aceitação do néctar.

Tabela 5.9 - Teor de sólidos solúveis e notas médias atribuídas a cada uma das formulações de néctar de umbu do delineamento experimental.

Amostras	Suco (%)	Açúcar (%)	Sólidos solúveis (°Brix)	Notas*
1	25	6	7,0	3,9
2	25	14	13,3	6,5
3	55	6	8,3	2,7
4	55	14	14,7	4,6
5	19	10	10,2	5,7
6	61	10	11,9	3,3
7	40	4	5,4	2,9
8	40	16	15,6	6,4
9	40	10	11,1	4,9
10	40	10	11,1	5,0
11	40	10	11,1	4,8

*media de 93 avaliações.

Segundo Vidigal et al. (2011), quando realizaram três testes sensoriais com frutos tidos como exóticos como açaí, cajá, camu-camu e umbu, a maior aceitação para o umbu foi de 67%, no terceiro teste. No primeiro teste, o consumidor não tinha nenhuma informação sobre o fruto, no segundo a amostra era servida identificada e, para o terceiro teste, o consumidor, além de receber a amostra identificada, também recebia informações sobre os benefícios do consumo do fruto para a saúde e, em todos os casos, a aceitação foi melhorada significativamente. Em termos de notas, o umbu partiu de 4,9 no primeiro teste e chegou a 5,8 no terceiro teste, numa escala que variou de 1 a 9.

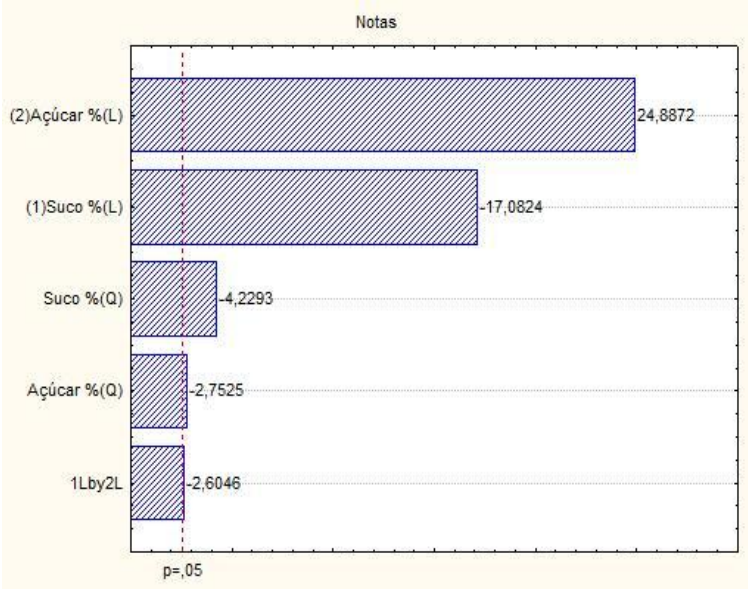


Figura 5.13 - Efeito das concentrações de suco e de açúcar sobre a aceitação do néctar de umbu.

A partir da avaliação estatística dos dados, a melhor aceitação do néctar de umbu, seria observada quando o percentual de açúcar e de suco fosse de 16,0 e 29,5% (Figura 5.14) respectivamente, ou seja, o maior percentual de açúcar e percentual intermediário de suco.

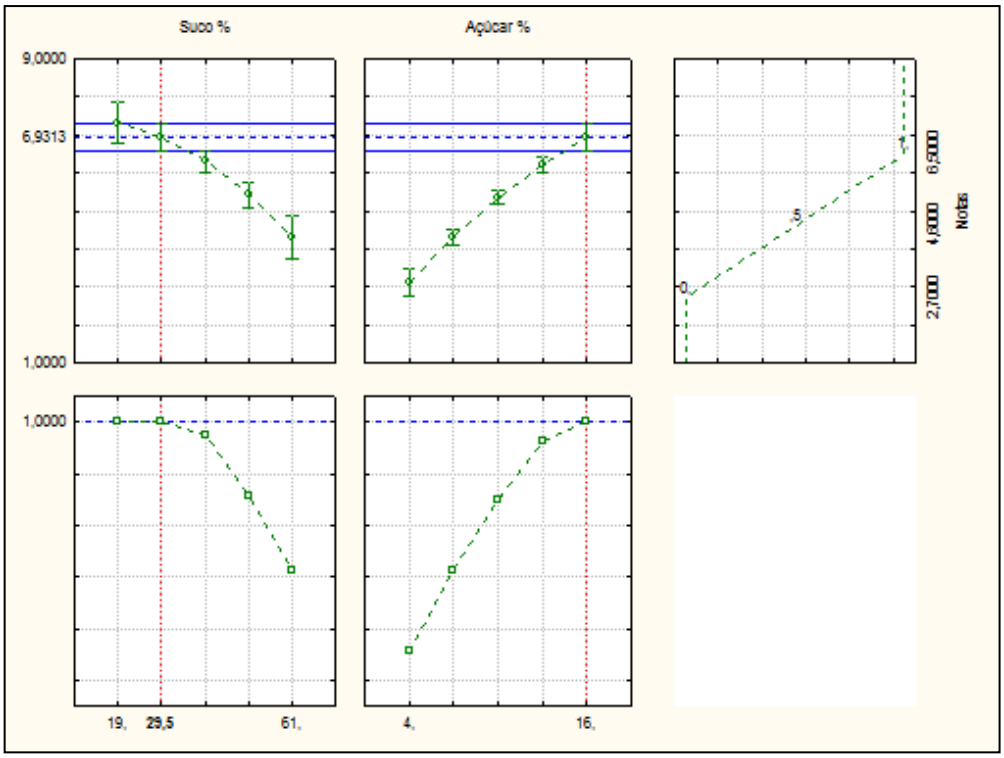


Figura 5.14 - Condições selecionadas para a diluição e doçura de um néctar de umbu.

5.2.3 Estabilidade do suco de umbu pasteurizado

Na Tabela 5.10 estão apresentados os resultados obtidos para a qualidade microbiológica do suco de umbu pasteurizado, onde se verificou a ausência de *Salmonella sp* e de coliformes a 45 °C durante o período de armazenamento sob refrigeração. Estes resultados estão dentro do padrão estabelecido pela legislação vigente (AGENCIA NACIONAL DE VIGILANCIA SANITARIA, 2001).

Por se tratar de um suco com pH ácido (~2,50) armazenado em temperatura de refrigeração (6 ºC), foi avaliado também o crescimento de fungos filamentosos e leveduras e de bactérias psicrotróficas. De acordo com Franco & Landgraf (2003), o pH constitui um fator intrínseco e, de um modo geral, os bolores e as leveduras toleram pH abaixo de 3,5. Já a temperatura é um fator extrínseco ao alimento e pode influenciar diretamente no desenvolvimento de colônias. Portanto, os microrganismos com maior possibilidade de proliferação são os microrganismos da classe das bactérias psicrotróficas que compreendem bactérias como *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas fragi e Aeromonas hydrofyla* e os fungos filamentosos e leveduras.

Tabela 5.10 - Avaliação microbiológica do suco de umbu pasteurizado e armazenado a 6 °C.

Análises	**Tempo de armazenamento (dias)**						
	0	15	30	45	60	75	90
Coliformes a 45 °C (NMP/g)	<3	nr*	nr	nr	nr	nr	<3
Salmonella sp (25 g)	Ausencia	nr	nr	nr	nr	nr	Ausencia
Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$4x10^2$	$<10^1$
Bacterias aeróbias psicrotróficas (UFC/g)	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$5x10^1$	$<10^1$

*não realizado.

Os resultados mostraram que o suco de umbu permaneceu estável ao longo de 60 dias, porém observou-se no período de 75 dias, crescimento de fungos filamentosos e leveduras e

de bactéria psicrotróficas, que pode estar associado a alguma contaminação da amostra específica, pois o suco foi acondicionado em garrafas individuais e não se verificou crescimento microbiano no período posterior.

Matta, Cabral & Silva (2004), ao investigarem a estabilidade do suco clarificado de acerola armazenado em garrafas de vidro à temperatura de refrigeração, também observaram crescimento de bolores e leveduras. Aos sessenta dias de armazenamento os autores relataram a maior alteração referente a esta classe de microrganismos. Este crescimento alterou a turbidez do produto tornando-o impróprio para comercialização. Tal alteração não foi observada neste trabalho.

A Figura 5.15 mostra o comportamento dos parâmetros de cor (L* e H°) durante o armazenamento do suco de umbu. Embora as curvas referentes a estes parâmetros não tenham apresentado diferença, o teste de *Tukey* ($p<0,05$) mostrou alterações significativas, sendo a maior delas no tempo correspondente a 90 dias do seu armazenamento.

O ângulo Hue (H°) é um parâmetro importante no estudo da estabilidade do suco de umbu, pois seus resultados expressam com maior fidelidade a cor do produto, ou seja, o que o consumidor realmente vê, tornando-se bastante confiável para embasar a discussão sobre o efeito do armazenamento sobre a cor do suco, que, neste caso, teve pouca influencia.

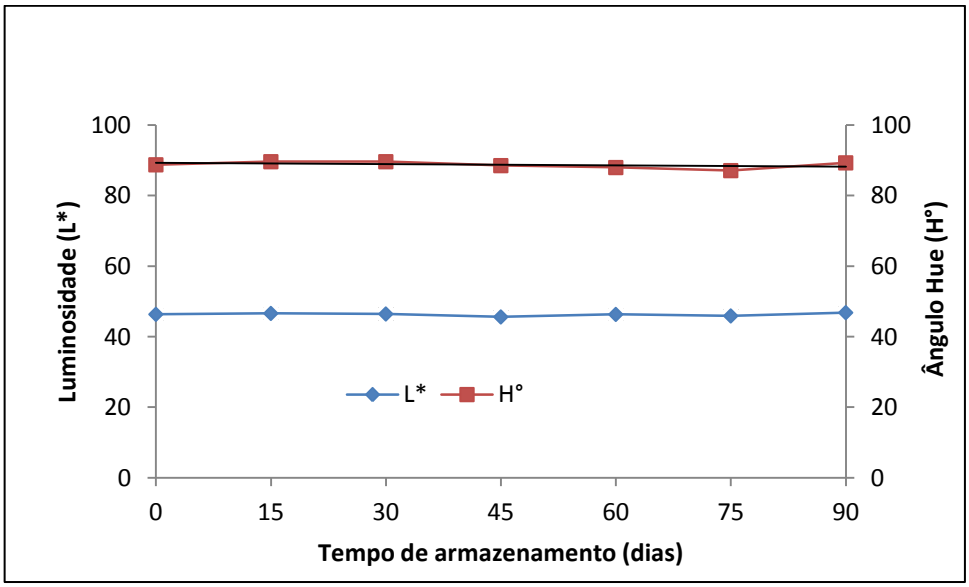


Figura 5.15 - Comportamento dos parâmetros de cor (L* e H°) do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.

A intensidade da cor amarela (b*) também foi utilizada para verificar a estabilidade da cor do suco de umbu armazenado a 6 °C. A Figura 5.16 mostra o comportamento deste

parâmetro ao longo do armazenamento, onde se verificou um aumento significativo ($p<0,05$) no ponto correspondente a 90 dias de armazenamento, corroborando com os outros resultados dos demais parâmetros de cor instrumental.

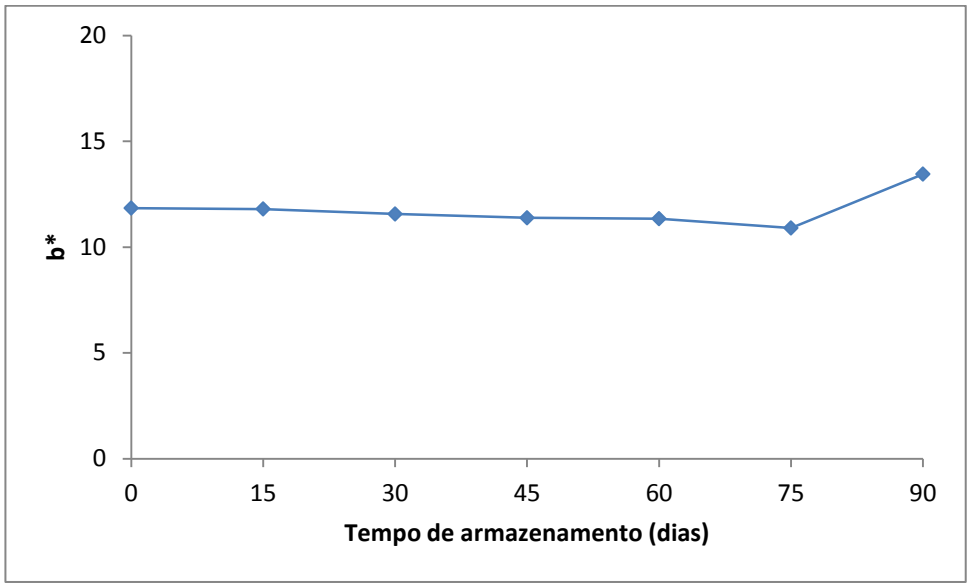


Figura 5.16 - Comportamento da intensidade da cor amarela (b*) do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.

O teor de carotenoides do suco de umbu (Figura 5.17) diminuiu ao longo do armazenamento, com um ligeiro aumento no último ponto. Estatisticamente, o teor de carotenoide apresentou alteração significativa aos 30 dias de armazenamento, de acordo com o teste de *Tukey* a $p<0,05$, mantendo-se estável, a partir deste ponto, até o fim do armazenamento. Este comportamento é coerente com os resultados obtidos para os parâmetros de cor do suco de umbu durante o armazenamento. Presume-se que este aumento foi acarretado pela falta de homogeneidade da amostra na garrafa correspondente a este período, já que se observou diminuição nos parâmetros de cor e no teor de carotenoides ao longo do armazenamento, o que pode ser considerado comum em termos de estocagem de alimentos e bebidas.

Mattietto et al. (2007) reportaram a redução dos carotenoides presentes no néctar misto de umbu e cajá armazenado à temperatura ambiente durante 90 dias de armazenamento. A degradação dos carotenoides do néctar misto foi significativa até os 30 dias de armazenamento, após esse período não foram observadas alterações significativas no teor de carotenoides.

Oliveira et al. (2012) também observaram diminuição no teor de carotenoides de pêssego pasteurizado a 90 °C por 5 minutos e armazenado a 22 °C por 90 dias. Segundo os autores essa perda de carotenoides se deu, possivelmente, devido à reação de oxidação do mesmo ao longo do armazenamento.

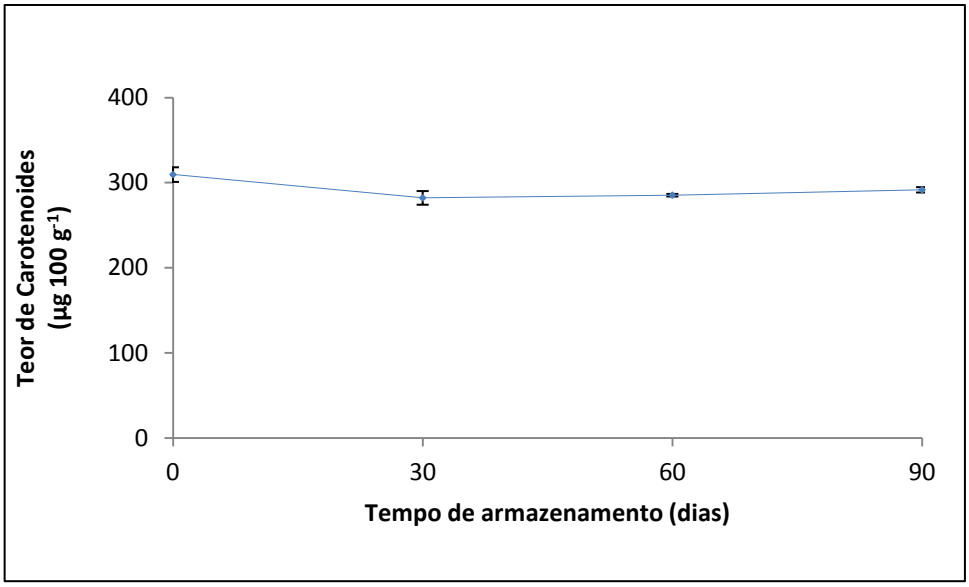


Figura 5.17 - Comportamento do teor de carotenoides do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.

A Tabela 5.11 apresenta o perfil cromatográfico dos carotenoides do suco de umbu nos tempos correspondentes a zero (T0) e noventa (T90) dias de armazenamento.

Tabela 5.11 - Perfil de carotenoides do suco de umbu durante o seu armazenamento a 6 °C.

Parâmetro*	**T0**	**T90**
Carotenoides Totais	309,33 ± 8,33[a]	291,68 ± 3,14[b]
Luteína	8,33 ± 0,58[a]	15,67 ± 2,52[b]
Zeaxantina	4,33 ± 0,58[a]	11,00 ± 1,00[b]
β-criptoxantina	52,00 ± 2,65[a]	52,00 ± 1,00[a]
β-caroteno	159,00 ± 3,00[a]	150,00 ± 1,00[b]
13-cis β-caroteno	5,00 ± 0,00[a]	6,00 ± 0,00[b]
9-cis β-caroteno	22,00 ± 0,00[a]	22,00 ± 0,00[a]

*Todos os resultados foram expressos em µg 100 g^{-1} (Média ± desvio); Letras diferentes na mesma linha apresentam diferença significativa entre os resultados ($p<0,05$). T0 – tempo inicial; T90 – período corresponde a 90 dias de armazenamento. Média ± desvio padrão

Observou-se um aumento de aproximadamente 90% para a luteína e de mais de 100% para zeaxantina em relação ao T0. Um comportamento similar também foi observado nos resultados obtidos para os parâmetros de cor do suco de umbu, aos 90 dias do armazenamento. O aumento observado, que afetou significativamente os parâmetros de cor instrumental, se deve, possivelmente, como já citado, à falta de homogeneidade da amostra contida na garrafa correspondente a este ponto da estabilidade.

Outros parâmetros importantes foram observados durante o estudo da estabilidade como o teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante (Figura 5.18). Os resultados encontrados mostraram diferenças significativas ($p<0,05$) em relação ao tempo inicial tanto para o teor de compostos fenólicos quanto para a atividade antioxidante durante o armazenamento. De uma forma geral, a diminuição da atividade antioxidante está correlacionada com a degradação dos compostos fenólicos. Por meio das curvas de estabilidade é possível visualizar melhor este comportamento.

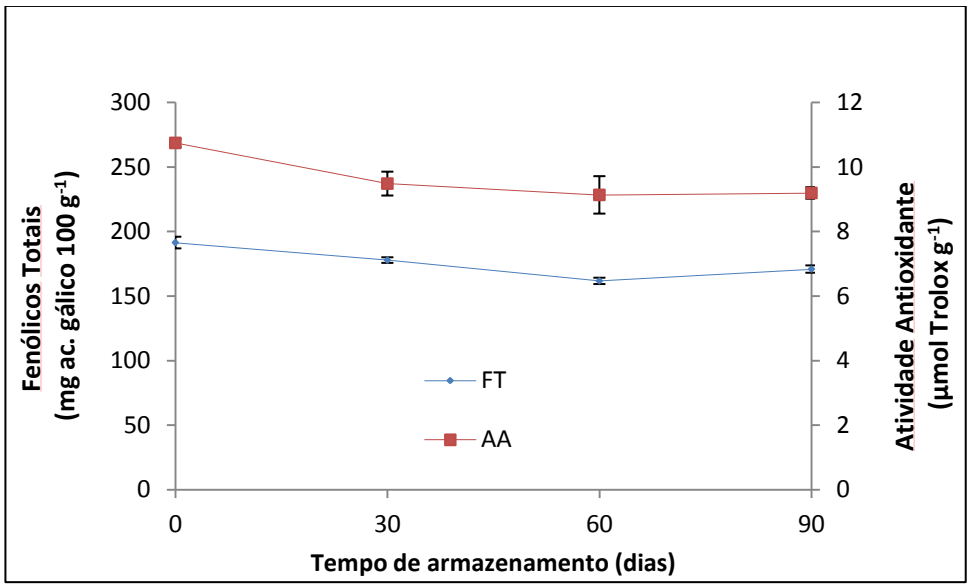


Figura 5.18 - Comportamento do teor de compostos fenólicos totais (FT) e atividade antioxidante (AA) do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.

Leone, Ramos & Rocha (2011) também observaram redução dos compostos fenólicos do suco misto composto por uva, acerola e azedinha armazenado por 100 dias à temperatura ambiente.

Klimczak et al. (2007), ao estudarem o efeito do armazenamento sobre os compostos bioativos do suco de laranja nas temperaturas de 18, 28 e 38 °C, observaram alterações

significativas em todas as temperaturas de armazenamento, sendo a menor redução observada na menor temperatura.

As características físico-químicas do suco de umbu mantido sob refrigeração (6 ºC) apresentaram pouca alteração durante o seu armazenamento (Figura 5.19). Quando observados os dados de pH e acidez observou-se, aos 90 dias, a relação esperada entre estes parâmetros. O teste de *Tukey* ($p<0,05$) mostrou que houve diferença significativa entre a amostra armazenada e a amostra inicial a partir dos 60 dias de armazenamento para a acidez. No caso do pH, só foi observada diferença significativa aos 90 dias, onde houve um ligeiro aumento do pH.

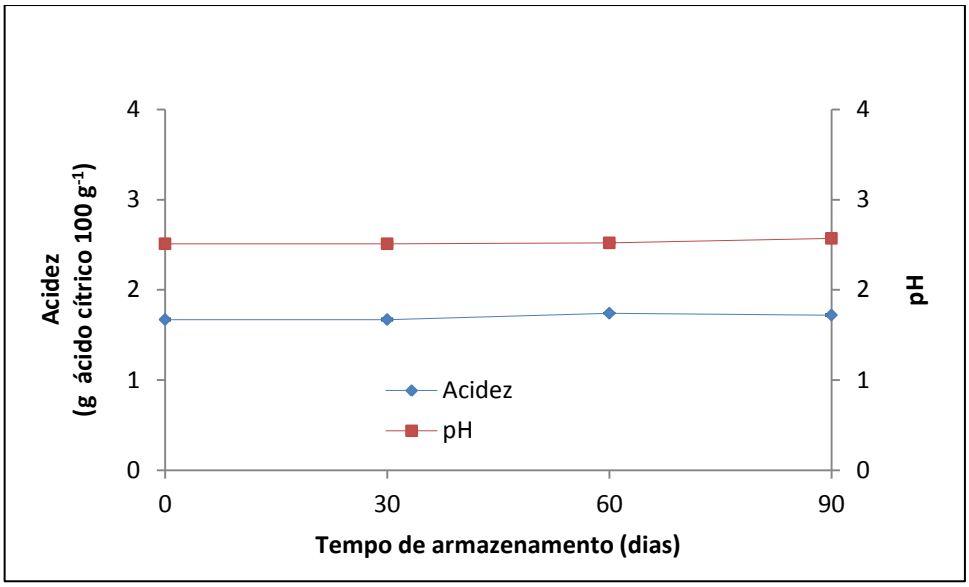


Figura 5.19 - Comportamento da acidez e do pH do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.

O teor de sólidos solúveis do suco de umbu não sofreu alteração significativa ($p<0,05$) ao longo do armazenamento. A Figura 5.20 mostra o comportamento deste parâmetro ao longo dos 90 dias de armazenamento.

Mattietto et al. (2007) reportaram a estabilidade dos sólidos solúveis ao longo dos 30 dias iniciais do armazenamento à temperatura ambiente de um néctar misto de umbu e cajá, seguido de uma ligeira queda após esse período, e, em seguida, permanecendo estáveis até o último dia do armazenamento, que se deu aos 90 dias.

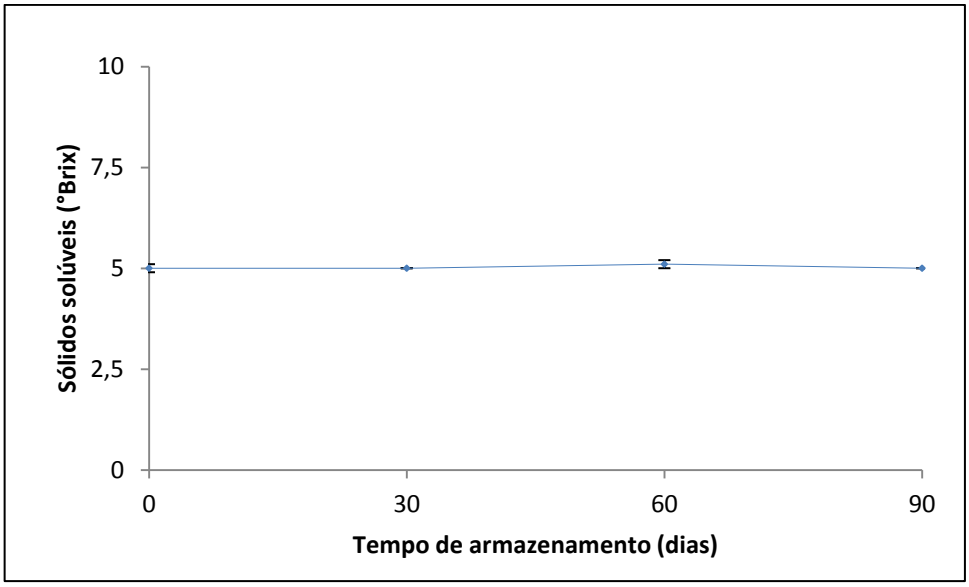


Figura 5.20 - Comportamento dos sólidos solúveis do suco de umbu pasteurizado durante o seu armazenamento a 6 °C.

5.3 HIDRÓLISE ENZIMÁTICA DO SUCO DE UMBU

Os resultados apresentados na Tabela 5.12 mostram a eficiência do tratamento enzimático sobre a viscosidade aparente do suco de umbu, tornando possíveis as etapas de centrifugação e microfiltração. Dentre os resultados obtidos, observou-se que o complexo enzimático Rapidase Smart Color possibilitou, nas temperaturas de 25 e 35 ºC, uma maior redução da viscosidade aparente. Já o complexo enzimático Rapidase TF foi o único que não apresentou redução significativa da viscosidade a 25 °C em relação ao controle (suco não tratado enzimaticamente).

Pelas Figuras 5.21 a 5.23, é possível observar que a viscosidade aparente do suco de umbu diminui com o aumento da taxa de deformação. Este comportamento é típico de um fluido pseudoplástico e característico de sucos de frutas. Trabalhos como os de Haminiuk et al. (2006) e Braga et al. (2013) reportaram a pseudoplasticidade da polpa de amora preta e do suco de abacaxi, respectivamente.O efeito significativo do tratamento enzimático sobre a viscosidade aparente de suco de amora-preta também foi reportado por Santiago et al. (2011), onde a maior redução da viscosidade aparente foi observada quando as condições utilizadas foram 4 mL kg^{-1} do complexo enzimático a 35 °C.

Tabela 5.12 - Viscosidade aparente do suco de umbu tratado enzimaticamente em diferentes temperaturas e do controle.

Amostras	Temperatura (°C)	Viscosidade aparente (Pa.s) a 100 s^{-1}
Controle	25	0,384[a]
Rapidase TF		0,278[a,b]
Rapidase Smart		0,233[b]
Rapidase Smart Color		0,196[b]
Controle	35	0,382[a]
Rapidase TF		0,171[b]
Rapidase Smart		0,232[b]
Rapidase Smart Color		0,143[b]
Controle	45	0,293[a]
Rapidase TF		0,161[b]
Rapidase Smart		0,118[b]
Rapidase Smart Color		0,130[b]

Letras iguais nas colunas, para cada temperatura, não apresentam diferença significativa, de acordo com o teste de *Tukey* ($p<0,05$).

Do ponto de vista industrial, a diminuição da viscosidade, pela quebra de moléculas como a pectina, facilita o escoamento do suco. Sabe-se que quanto menor a viscosidade de um fluido menor é a perda de carga durante o escoamento, o que resulta em menor gasto energético.

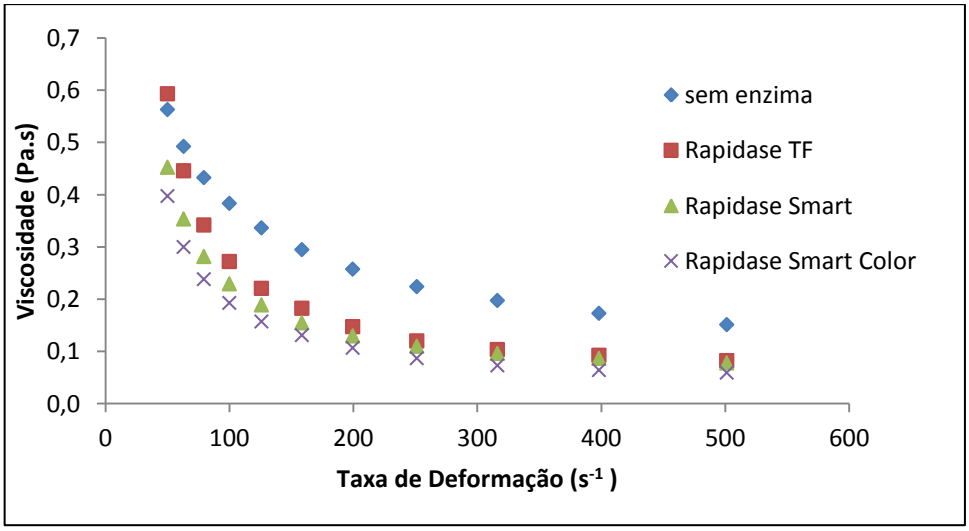


Figura 5.21 - Comportamento reológico a 25 °C do suco de umbu hidrolisado com diferentes complexos enzimáticos e do controle.

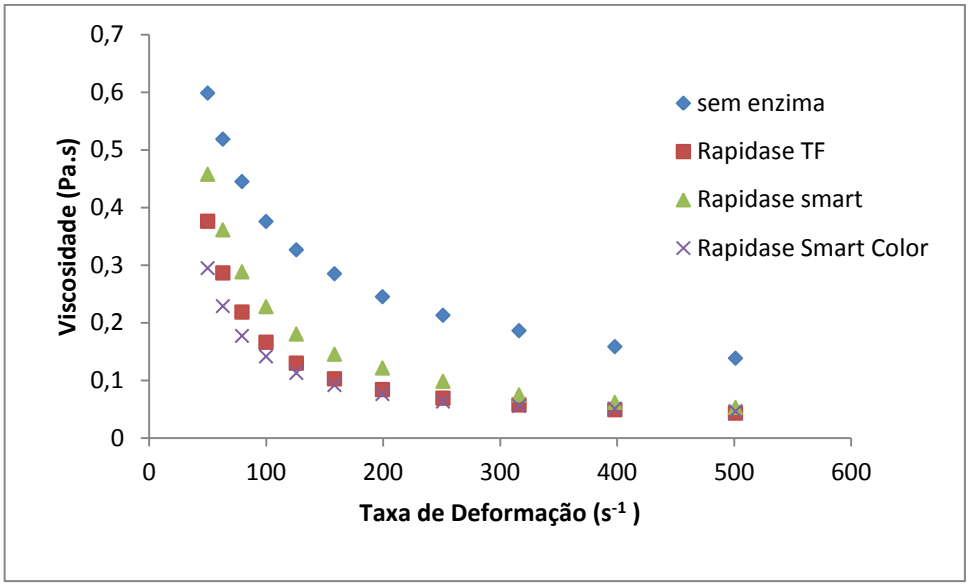


Figura 5.22 - Comportamento reológico a 35 °C do suco de umbu hidrolisado com diferentes complexos enzimáticos e do controle.

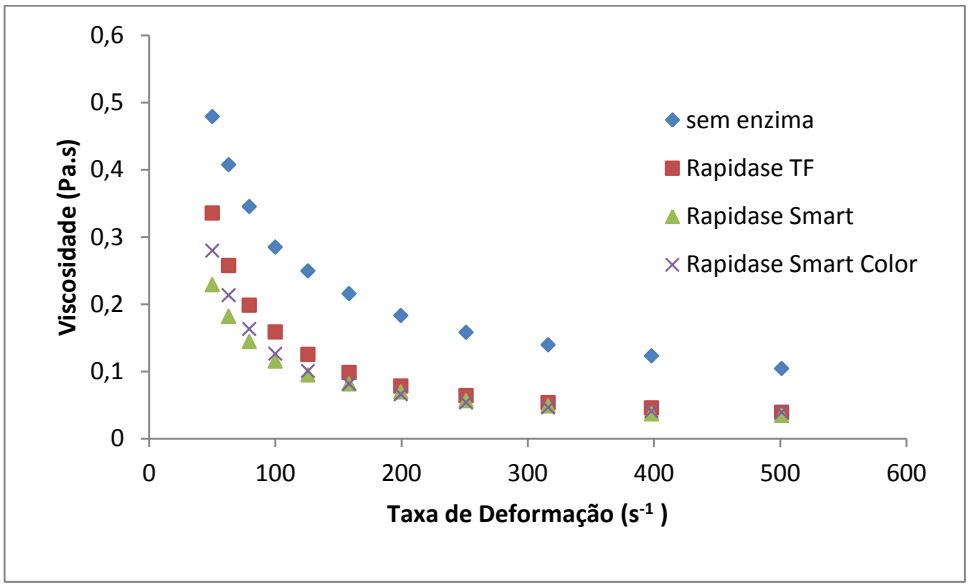


Figura 5.23 - Comportamento reológico a 45 °C do suco de umbu hidrolisado com diferentes complexos enzimáticos e do controle.

A Tabela 5.13 apresenta os valores dos parâmetros ajustados ao modelo da Lei da Potência para o suco de umbu hidrolisado e para o controle.

O suco de umbu tanto hidrolisado quanto o controle apresentou valores do índice de comportamento (n) menores que 1, indicando o comportamento de um fluido não newtoniano com características pseudoplásticas. Este comportamento também foi observado por Pereira et al. (2008) e Gouvea (2013) para o suco de umbu.

O suco tratado enzimaticamente pelo complexo Rapidase Smart Color apresentou o menor índice de consistência (K) nos ensaios realizados a 35 e 45 °C, sendo o menor índice observado no ensaio a 35 °C. Com base nestes dados, optou-se pelo uso deste complexo enzimático para a hidrólise do suco, na temperatura de 35 °C, visando à obtenção do suco clarificado pelo processo de microfiltração. O índice de consistência está relacionado com a sensibilidade do fluido à temperatura e quanto menor for o valor deste índice maior sua sensibilidade, sendo, portanto, uma variável importante do processo.

Tabela 5.13 - Parâmetros do modelo da Lei da Potência em função da temperatura para o suco de umbu hidrolisado enzimaticamente e para o controle.

Amostra	**Temperatura (°C)**	**R^2**	**n**	**K ($Pa.s^n$)**
Controle	25	0,999	0,42	5,48
Rapidase TF		0,915	0,26	7,63
Rapidase Smart		0,955	0,32	4,78
Rapidase Smart Color		0,919	0,26	5,61
Controle	35	0,999	0,37	6,73
Rapidase TF		0,809	0,2	5,94
Rapidase Smart		0,917	0,13	11,93
Rapidase Smart Color		0,903	0,33	2,75
Controle	45	0,997	0,38	4,91
Rapidase TF		0,800	0,16	7,13
Rapidase Smart		0,944	0,25	3,61
Rapidase Smart Color		0,853	0,27	3,3

R^2 - coeficiente de correlação; n – índice de comportamento; K – índice de consistencia.

5.4 MICROFILTRAÇÃO

5.4.1 Microfiltração do suco de umbu em sistema fechado

Na Figura 5.24 está apresentada a curva de permeabilidade da membrana ao suco de umbu. No processo em sistema fechado, ou seja, com recirculação das duas correntes, determinou-se o fluxo permeado de suco em função da pressão aplicada à membrana, onde se pode observar, como esperado, o aumento do fluxo com o aumento da pressão aplicada à membrana até cerca de 3,5 bar, quando é atingido o fluxo limite, a partir do qual ele se torna

independente da pressão, ou seja, o aumento da pressão não causa mais o aumento do fluxo permeado. Esta foi, então, a pressão de trabalho selecionada para a realização dos experimentos de clarificação.

Para determinar a permeabilidade do suco de umbu foram realizados testes com o suco apenas hidrolisado, porém não foi possível o processamento na membrana, pois o acúmulo de sólidos do suco impedia a permeação através da membrana, aumentando a temperatura do processo, impossibilitando sua estabilização. O uso do suco apenas centrifugado também não foi possível, pois o rendimento da centrifugação foi muito baixo, inviabilizando o processo.

Ushikubo et al. (2006), ao estudarem a microfiltração da polpa de umbu diluída, variaram a pressão transmembrana de 0,5 bar a 1,1 bar e verificaram que ao realizar o processo com a menor pressão transmembrana, foram obtidos um fluxo de permeado mais alto e um menor entupimento da membrana. Neste trabalho utilizou-se a pressão referente ao fluxo limite igual a 3,5 bar.

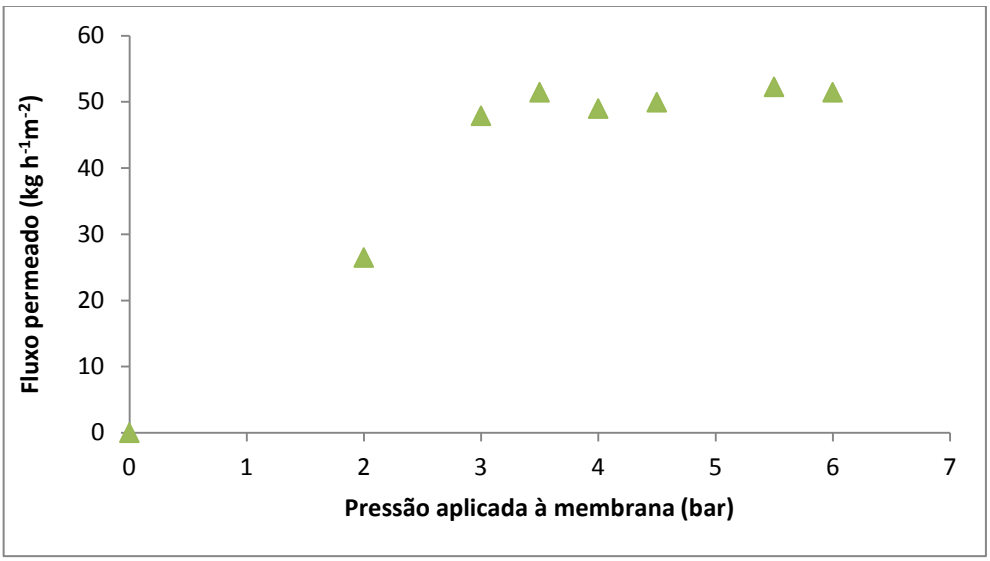


Figura 5.24 - Permeabilidade ao suco de umbu em membrana cerâmica de microfiltração a 35°C.

5.4.2 Microfiltração do suco de umbu em batelada simples

A Figura 5.25 mostra o comportamento do fluxo de permeado do suco de umbu durante a microfiltração operando em batelada com velocidade igual a 6,5 m s^{-1}.

A redução inicial no fluxo do permeado ocorreu, possivelmente, devido à compactação e a polarização por concentração junto à superfície da membrana, levando à formação de um filme. Após a formação desta camada ocorre entupimento dos poros

superficiais, resultando na queda do fluxo de permeado. Neste caso específico, o fluxo de permeado tendeu a se estabilizar em torno de 50 minutos de processamento.

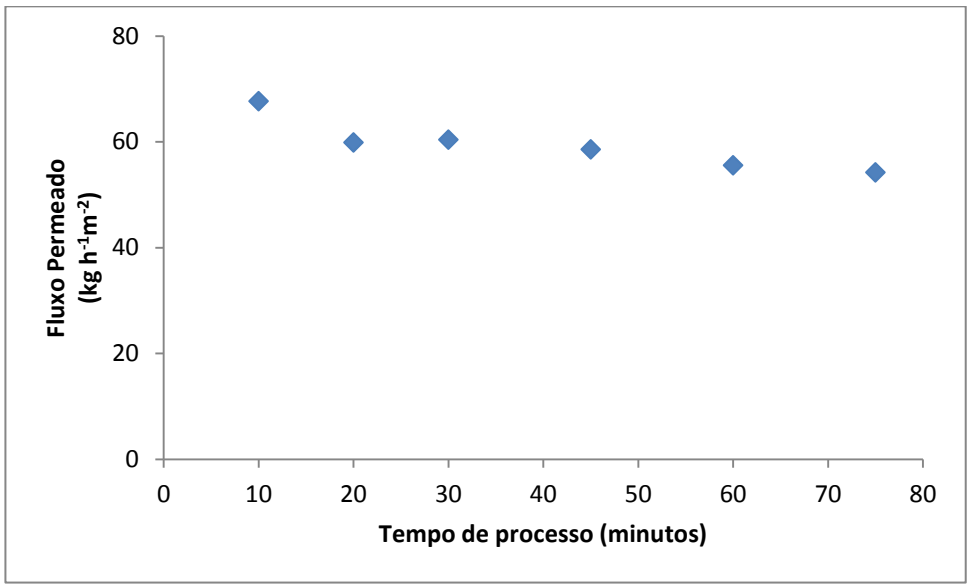


Figura 5.25 - Comportamento do fluxo de permeado em função do tempo na microfiltração do suco de umbu a 35 °C em membranas cerâmicas.

Na Figura 5.26 pode-se visualizar o aumento do fator de concentração durante o processo de obtenção do suco de umbu clarificado.

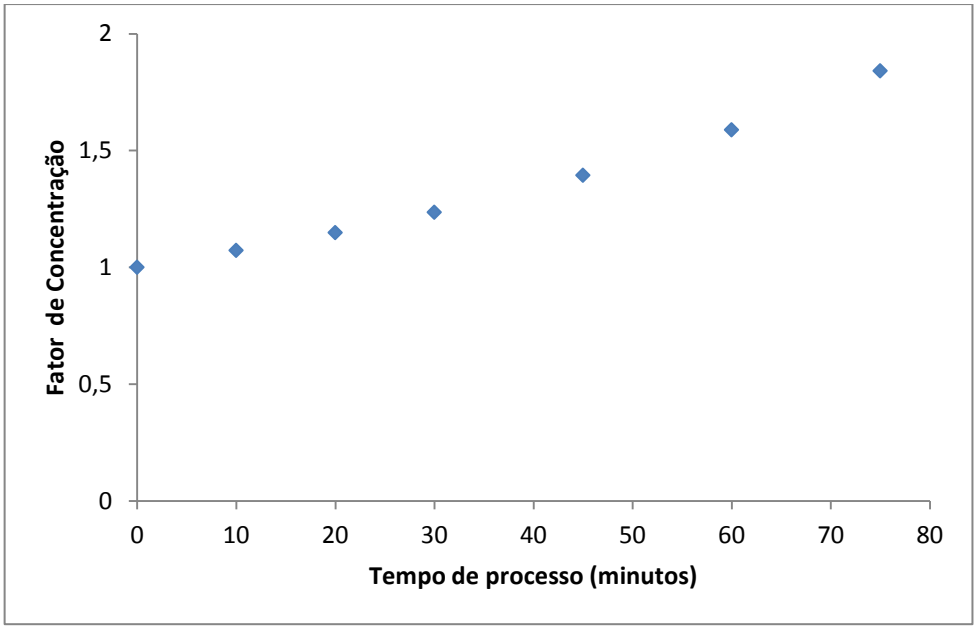


Figura 5.26 - Fator de concentração em função do tempo durante a microfiltração do suco de umbu a 35 °C em membranas cerâmicas.

5.4.3 Balanço de massa do processo de microfiltração

O diagrama de bloco (Figura 5.27) apresenta as etapas do processo de microfiltração, bem como o balanço de massa e o rendimento de cada etapa do processamento do suco de umbu. O rendimento observado para a centrifugação do suco de umbu neste trabalho foi bem próximo ao reportado por Cruz (2008) e Palacio (2008) para o suco de açaí, de 68%. Além da etapa de centrifugação, verificou-se um rendimento médio para a microfiltração (60%), na mesma faixa do observado por Matta, Moretti & Cabral (2004), de 64% para a microfiltração de suco de acerola.

Pelo fato da centrifugação reter quase que totalmente os carotenoides do suco de umbu, a torta obtida nesta etapa é fonte deste composto e, por isso, pode ser utilizada no desenvolvimento de novos produtos, como sorvetes e biscoitos. O teor de carotenoides na torta da centrifugação foi igual a 1391,03 ± 8,89 µg 100 g^{-1} de amostra.

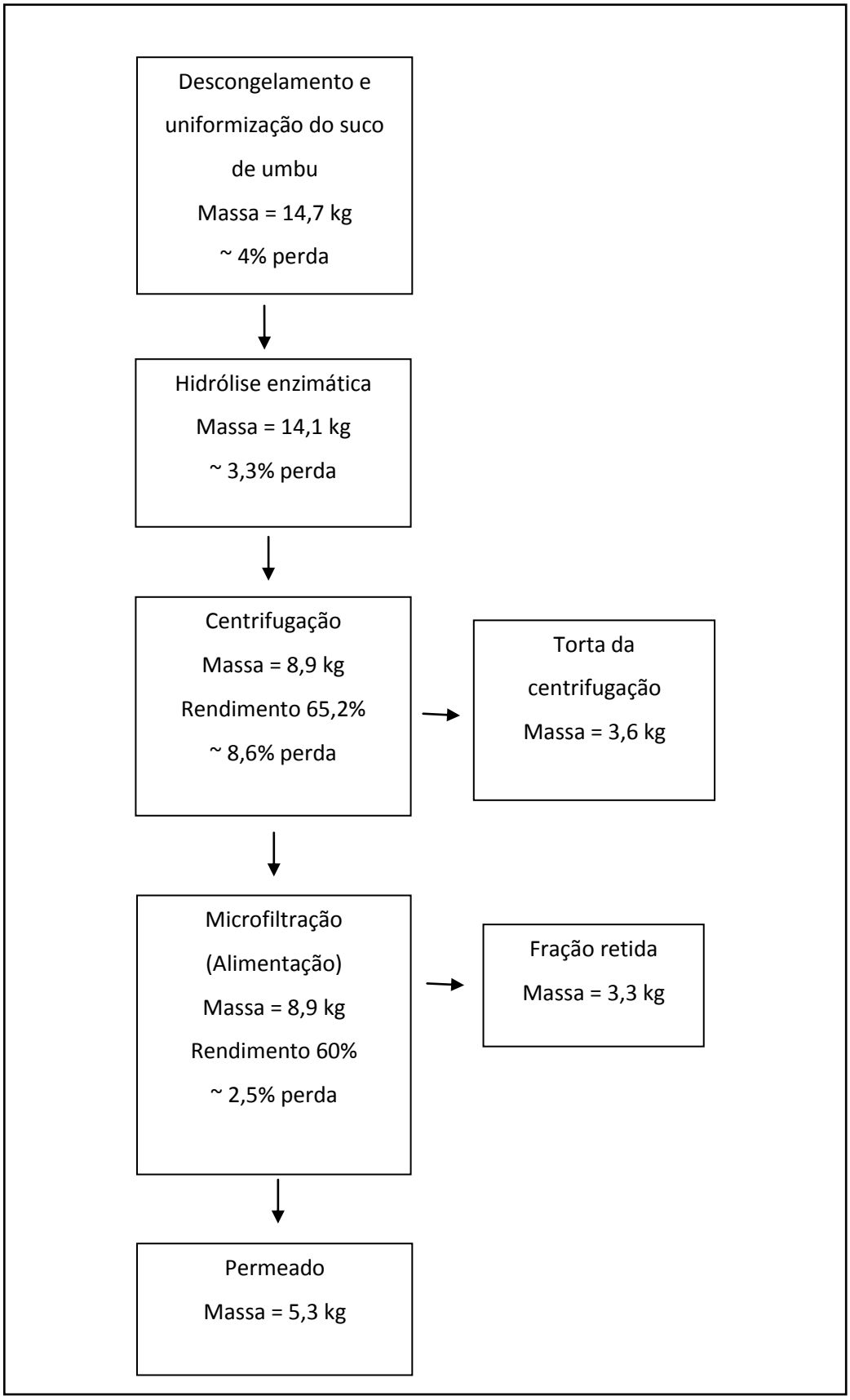


Figura 5.27 - Diagrama de blocos do processo de microfiltração do suco de umbu com balanço de massa.

5.4.4 Microfiltração do suco de umbu em batelada alimentada

As Figuras 5.28 e 5.29 mostram o comportamento do fluxo de permeado e do fator de concentração mássica ao longo do processo de microfiltração na operação em batelada alimentada.

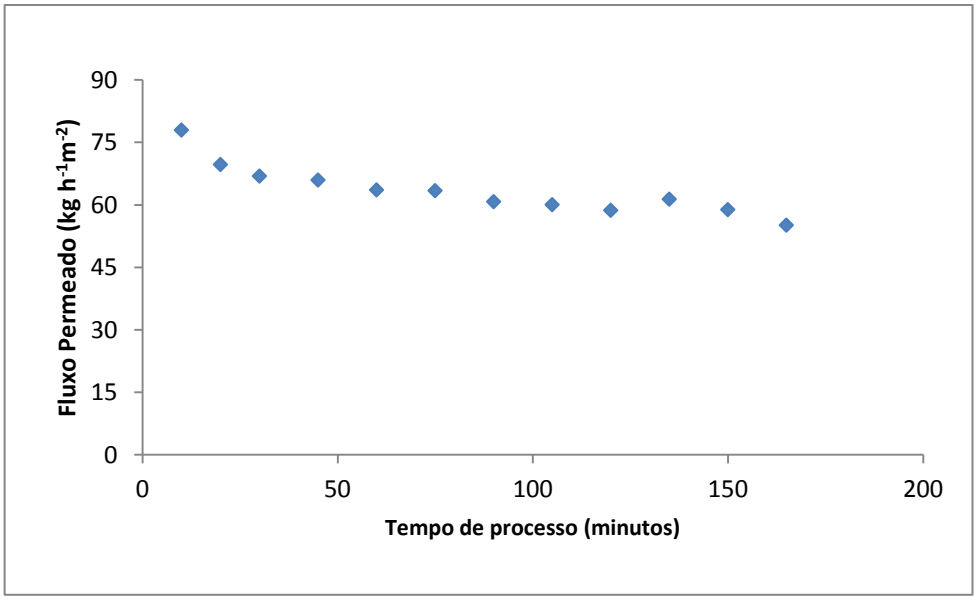


Figura 5.28 - Comportamento do fluxo do permeado durante o tempo de processo de clarificação do suco de umbu em membranas cerâmicas a 35 °C.

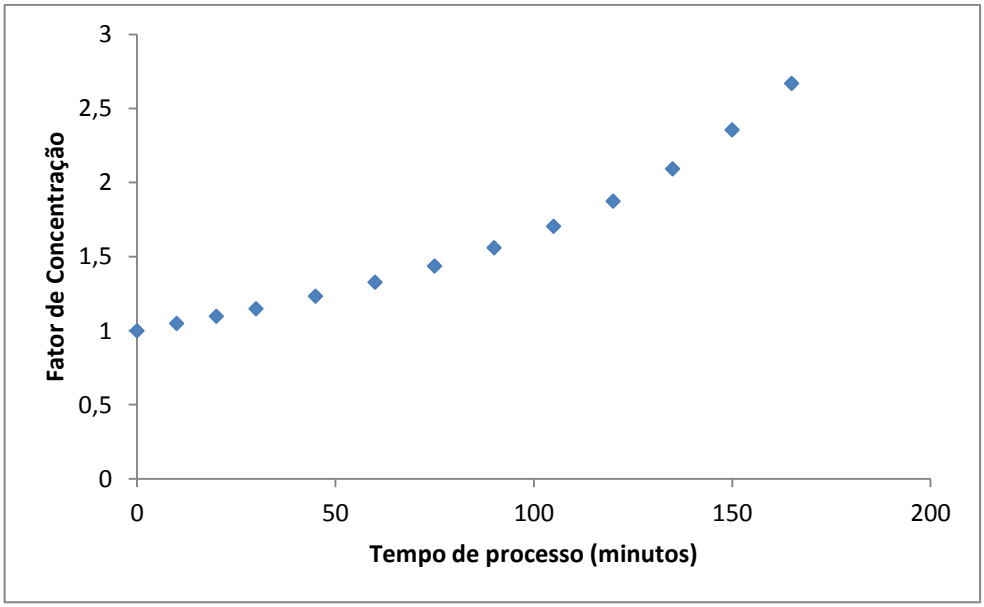


Figura 5.29 - Fator de concentração volumétrica do processo de microfiltração do suco de umbu a 35 °C em membranas cerâmicas.

Observa-se que nos primeiros 50 minutos houve uma redução acentuada do fluxo de permeado, que está associada à formação de uma camada de sólidos sobre a superfície da membrana. Após esta etapa o fluxo se manteve relativamente estável, com uma ligeira queda ao final do processo. O fator de concentração do processo foi superior a 2,5 para que se pudesse ter quantidade suficiente de suco clarificado para o estudo da estabilidade. O fluxo de permeado variou de 78 a 61 kg $h^{-1}m^{-2}$.

Em trabalho realizado por Ushikubo (2006), com a polpa de umbu diluída, o autor relatou fluxos de permeado entre 47 e 75 kg $h^{-1}m^{-2}$. Neste trabalho obteve-se um fluxo médio mais elevado, pois este variou entre 61 e 78 kg $h^{-1}m^{-2}$.

Kaster (2009), na melhor condição de microfiltração do suco de maçã, observou fluxo igual a 71,75 kg $h^{-1}m^{-2}$. Este fluxo foi alcançado operando em condições intermediárias de pressão transmembrana, velocidade tangencial e temperatura, de, respectivamente, 1,5 bar, 0,9 m s^{-1} e 30 °C.

Laorko et al. (2010), ao estudarem a obtenção do suco clarificado de abacaxi por microfiltração e ultrafiltração, observaram maior fluxo (37 kg $h^{-1}m^{-2}$) através de membranas de microfiltração (tamanho de poro 0,2 µm) nas seguintes condições operacionais: velocidade tangencial de 3,4 m s^{-1} e a pressão transmembrana de 0,7 bar.

Vaillant et al. (2005) reportaram um fluxo de 75 kg $h^{-1}m^{-2}$ para a microfiltração do suco de melão operando em fluxo tangencial, em módulo de membranas cerâmicas com área de permeação de 0,24 m², tamanho de poro de 0,2 µm e pressão transmembrana igual a 1,2 bar.

Esses dados reportados na literatura mostram que o fluxo de permeado é totalmente dependente da matriz, pré-tratamento, tipo de membrana e condições operacionais do processo e, por isso, existe muita variabilidade nos resultados.

5.4.5 Efeito do processo de clarificação nas características do suco de umbu

A Tabela 5.14 apresenta as características físico-químicas das frações obtidas no processo de obtenção do suco de umbu clarificado por microfiltração. Observou-se uma influencia significativa ($p<0,05$) destas etapas nas características físico-químicas do suco de umbu. Dentre os resultados obtidos, pode-se destacar o efeito do processo de microfiltração sobre o teor de sólidos solúveis, onde parte do açúcar presente no suco centrifugado, que foi utilizado como alimentação, não permeou pela membrana. Ushikubo et al. (2007) e Kaster (2009) também observaram esse comportamento na microfiltração da polpa de umbu diluída e de suco de maçã, respectivamente.

Tabela 5.14 - Características físico-químicas do suco de umbu nas diferentes etapas de seu processamento em membranas cerâmicas a 35 °C.

Amostra	**pH**	**Sólidos solúveis (°Brix)**	**Acidez (g ac. cítrico 100 g^{-1})**	**Teor de polpa (%)**
Controle	2,58 ± 0,02[b]	5,1 ± 0,0[b]	1,66 ± 0,02[b]	52,20 ± 0,44[a]
Suco hidrolisado	2,56 ± 0,00[a,b]	5,4 ± 0,1[a]	1,80 ± 0,00[a]	30,98 ± 0,15[b]
Suco centrifugado	2,56 ± 0,00[a,]	5,4 ± 0,1[a]	1,77 ± 0,00[c]	4,18 ± 0,19[c]
Suco clarificado	2,57 ± 0,01[b]	4,6 ± 0,1[c]	1,59 ± 0,00[d]	0,00 ± 0,00[d]
Fração retida	2,55 ± 0,01[a]	6,1 ± 0,1[d]	1,78 ± 0,00[a,c]	7,78 ±0,03[e]

Letras diferentes na mesma coluna demonstram que existe diferença significativa entre os resultados obtidos de acordo com o teste de *Tukey* ($p<0,05$). Média ± desvio padrão.

Os resultados obtidos para a acidez do suco de umbu mostraram que após a hidrólise enzimática houve um aumento significativo da mesma, porém, após a microfiltração, o permeado, que é o suco clarificado, apresentou menor acidez, mostrando que, além de açúcares, os ácidos orgânicos também são retidos pela membrana. Este comportamento também foi reportado por Ushikubo et al. (2007) na obtenção do suco clarificado de umbu por microfiltração em membranas poliméricas.

O tratamento enzimático exerceu contribuição significativa sobre o teor de polpa do suco de umbu. Houve uma redução de quase 41% deste parâmetro quando se compara os resultados obtidos entre o suco hidrolisado ao controle. Além da hidrólise, a centrifugação também possibilitou ainda mais a redução do teor de polpa, cerca de 87%, facilitando o processo de microfiltração.

É sabido que a microfiltração pode atuar como uma pasteurização a frio, o que pôde ser observado no presente trabalho. A Tabela 5.15 apresenta as características microbiológicas das frações obtidas pelo processo de microfiltração, onde foi possível observar que houve redução de três ciclos logarítmicos das bactérias pertencentes à classe de aeróbias mesófilas,

que refletem a qualidade da matéria-prima, bem como as condições de manipulação durante a etapa da microfiltração.

Laorko et al. (2010) e Matta, Moretti & Cabral (2004) também observaram redução de microrganismos no suco clarificado de abacaxi e de acerola, respectivamente, obtidos pelo processo de microfiltração.

Tabela 5.15 - Características microbiológicas do suco de umbu submetido ao processo de microfiltração a 35 °C.

Amostra	**Fungos Filamentosos e Leveduras (UFC/g)**	**Aeróbios mesófilas (UFC/g)**	**Coliformes a 45º C (NMP/g)**	***Salmonella* sp. (ausencia em 25g)**
Suco centrifugado	$<10^1$	$2,2 \times 10^3$	<3	ausencia
Suco clarificado	$<10^1$	$<1,0 \times 10^1$	<3	ausencia
Fração retida	$<10^1$	$2,1 \times 10^3$	<3	ausencia

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 5.16 para os compostos bioativos e atividade antioxidante do suco de umbu, houve um aumento no teor de compostos fenólicos após a etapa de hidrólise enzimática. Presume-se que com o rompimento da parede celular, haja a liberação destes compostos, aumentando sua concentração. Nas etapas subsequentes de centrifugação e microfiltração, ocorre redução significativa ($p<0,05$) destes compostos e, consequentemente, da atividade antioxidante nas frações do processo. Os compostos fenólicos têm relação direta com a atividade antioxidante do suco de umbu e estão presentes nos sólidos em suspensão. Por esta razão, sua concentração é reduzida quando ocorre a remoção destes por meio da centrifugação e microfiltração. Neste trabalho, para a etapa de microfiltração, esta redução, tanto para os compostos fenólicos quanto para a atividade antioxidante, foi de aproximadamente 25%, considerando-se o suco centrifugado, alimentado à membrana, como a base para os cálculos.

Tabela 5.16 – Compostos fenólicos, atividade antioxidante e vitamina C do suco de umbu nas diferentes etapas de seu processamento por membranas cerâmicas a 35 °C.

Amostra	**FT (mg ac. gal. 100 g^{-1})**	**AA (µmol Trolox g^{-1})**	**Vit. C (mg ac. ascórbico 100 g^{-1})**
Controle	207,81 ± 6,10[a]	9,84 ± 0,42[a]	6,78 ± 0,18[a]
Suco hidrolisado	220,54 ± 5,41[b]	10,32 ± 0,23[a]	4,64 ± 0,33[b]
Suco centrifugado	102,92 ± 0,61[c]	5,74 ± 0,12[b]	2,83 ± 0,03[c]
Suco clarificado	76,68 ± 1,18[d]	4,37 ± 0,09[c]	2,38 ± 0,07[c]
Fração retida	124,93 ± 3,49[e]	6,36 ± 0,05[d]	4,29 ± 0,20[b]

FT (Compostos Fenólicos Totais); AA (Atividade Antioxidante); Vit. C (Vitamina C). Letras diferentes na mesma coluna demonstram que existe diferença significativa entre os resultados obtidos de acordo com o teste de *Tukey* ($p<0,05$). Média ± desvio padrão.

Viana et al. (2012), ao obterem suco clarificado de lima ácida por microfiltração, observaram redução significativa, cerca de 20% de perda, no teor de compostos fenólicos.

Cassano et al. (2004) também observaram redução de 4,3% na atividade antioxidante ao clarificarem por ultrafiltração o suco de kiwi.

O teor de vitamina C reduziu significativamente ($p<0,05$) após a hidrólise. Este comportamento se deve, possivelmente, à temperatura (35 °C) e agitação, que possibilita o contato do oxigênio com o suco, durante a hidrólise enzimática. Com relação à microfiltração não houve diferença significativa entre a alimentação - suco centrifugado - e o permeado - suco clarificado - o que indica que as condições de microfiltração não tiveram participação significativa na degradação da vitamina C.

Matta, Cabral & Silva (2004) não observaram redução significativa no teor de vitamina C do suco de acerola clarificado por microfiltração. O mesmo foi reportado por Gava et al. (2013) para o suco de camu-camu, também clarificado por microfiltração em membranas cerâmicas de tamanho de poro 0,1 µm.

O teor de carotenoides não foi detectado no suco centrifugado e, também no suco de umbu clarificado, pois como mencionado anteriormente, as etapas de centrifugação e microfiltração reduzem significativamente o teor de polpa. Como boa parte dos carotenoides se encontra na parte sólida do suco, ligada a moléculas como proteínas, lipídeos e pectina, as etapas mencionadas anteriormente reduzem seu teor, de forma que não se consegue detectá-los no suco clarificado.

Sem levar em consideração a centrifugação, a microfiltração por si só tem se apresentado como um processo promissor para a concentração de carotenoides, como é o caso do licopeno presente no suco de melancia reportado por Gomes et al. (2013). A retenção de carotenoides em processos com membranas não se deve ao peso molecular, mas sim à afinidade química dos mesmos com outros compostos e com o tipo de material da membrana.

Silva et al. (2005) observaram ausência total de carotenoides no suco de maracujá orgânico, previamente hidrolisado e clarificado por microfiltração com membrana de 0,3 μm de tamanho de poro. Gomes et al. (2012) também reportaram o mesmo perfil para a microfiltração de suco de cagaita clarificada em membranas de 0,3 μm de tamanho de poro.

Na Figura 5.30 podem ser observadas as frações obtidas nas etapas de clarificação do suco, sendo a diferença entre elas perceptível visualmente. Pela microfiltração obteve-se um suco isento de sólidos, translúcido e levemente amarelado. Apesar de notória a diferença entre as frações, a determinação da cor instrumental foi realizada para descrever melhor o comportamento ao longo do processo.

Os resultados (Tabela 5.17) demonstram que as etapas de obtenção do suco de umbu clarificado por membranas interferem significativamente nos parâmetros de cor da matéria-prima. A microfiltração por membranas intensificou tanto a luminosidade quanto o ângulo Hue do suco clarificado, corroborando com a transparência do produto obtido.

SILVA, L. F. M. (2013).

Figura 5.30 - Frações obtidas no processo de clarificação do suco de umbu por centrifugação e microfiltração a 35 °C.

Tabela 5.17 – Cor instrumental das frações obtidas durante a microfiltração do suco de umbu em membranas cerâmicas a 35 °C.

Amostras	**L***	**b***	**H°**
Suco centrifugado (alimentação)	63,14 ± 0,37[a]	36,14 ± 0,30[a]	83,18 ± 0,04[a]
Suco clarificado (permeado)	93,54 ± 0,01[b]	10,41 ± 0,03[b]	93,64 ± 0,06[b]
Fração retida	42,16 ± 0,28[c]	48,08 ± 0,21[c]	79,66 ± 0,07[c]

L* (luminosidade); b* (parâmetro de cor b*); H° (ângulo Hue). Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p<0,05$) de acordo com o teste de *Tukey*. Média ± desvio padrão.

O parâmetro b*, que caracteriza a cor amarela do suco, mostrou que no suco clarificado sua intensidade foi reduzida significativamente corroborando com a ausência de carotenóide no mesmo, sendo intensificada na fração retida confirmando a concentração do suco ao longo do processo.

Ushikubo (2006) reportou um comportamento semelhante ao observado neste trabalho para a obtenção do clarificado de umbu por microfiltração, onde houve um aumento na luminosidade do suco clarificado, devido a remoção dos sólidos e diminuição do parâmetro b*, também em função a remoção dos sólidos em suspensão. O aumento da luminosidade no permeado também foi reportado por Matta, Moretti & Cabral. (2004) na clarificação do suco de acerola por microfiltração.

5.4.6 Estabilidade do suco de umbu clarificado

Os parâmetros microbiológicos do suco de umbu clarificado ao longo do armazenamento estão apresentados na Tabela 5.18. Verifica-se que o suco clarificado se manteve estável, visto que as alterações microbiológicas referentes aos tempos de 45 e 60 dias de armazenamento não foram significativas a ponto de comprometer a qualidade do mesmo. Além disto, verifica-se que no período posterior não se observou crescimento de microrganismo, mostrando que tal crescimento está relacionado com a garrafa em que o suco foi envasado.

Laorko, Tongchitpakdee & Youravong (2013) não observaram crescimento de fungos filamentosos, coliformes totais e bactérias aeróbias mesófilas no suco de abacaxi clarificado por microfiltração e armazenado a 4, 27 e 37 °C durante seis meses de armazenamento. O mesmo foi observado por Campos et al. (2002) ao avaliarem o armazenamento do suco de

caju clarificado nas temperaturas de 4 e 30 °C durante dois meses de armazenamento.

Tabela 5.18 - Avaliação microbiológica do suco de umbu clarificado armazenado a 6 °C.

Análises	**Tempo de armazenamento (dias)**						
	0	15	30	45	60	75	90
Coliformes a 45 °C (NMP/g)	<3	nr*	nr	nr	nr	nr	<3
Salmonella sp (25 g)	Ausencia	nr	nr	nr	nr	nr	nr
Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$1,5x10^2$	$<10^1$	$<10^1$
Bacterias aeróbias psicrotróficas (UFC/g)	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$<10^1$	$5x10^1$	$<10^1$

*não realizado

O suco de umbu clarificado armazenado a 6 °C apresentou alterações significativas ($p<0,05$) nos parâmetros de cor instrumental. De acordo com o teste de *Tukey*, somente os pontos referentes aos tempos de 75 e 90 dias foram iguais estatisticamente, ou seja, não apresentaram alteração na cor do suco clarificado. Esse comportamento foi o mesmo tanto para a luminosidade quanto para o ângulo Hue.

A redução na luminosidade (Figura 5.31) em relação ao tempo zero foi menor que 1,5%, o que mostra que, mesmo diferindo estatisticamente, o armazenamento não exerceu efeito sobre a luminosidade do suco clarificado, a ponto de ser perceptível visualmente.

Laorko, Tongchitpakdee & Youravong (2013) também observaram o escurecimento (L*) do suco de abacaxi clarificado por microfiltração ao longo de seis meses armazenado em 4, 27 e 37 °C, segundo os autores esse escurecimento se deve as reações não enzimáticas ocorridas ao longo do armazenamento. A 4 °C o escurecimento foi menos acentuado que nas outras temperaturas de armazenamento.

Campos et al. (2002) reportaram redução significativa ($p<0,05$) na luminosidade do suco de caju clarificado por microfiltração e armazenado à temperatura de 30 °C, porém para o suco armazenado a 4 °C não foi observada variação, do mesmo modo que o verificado neste trabalho.

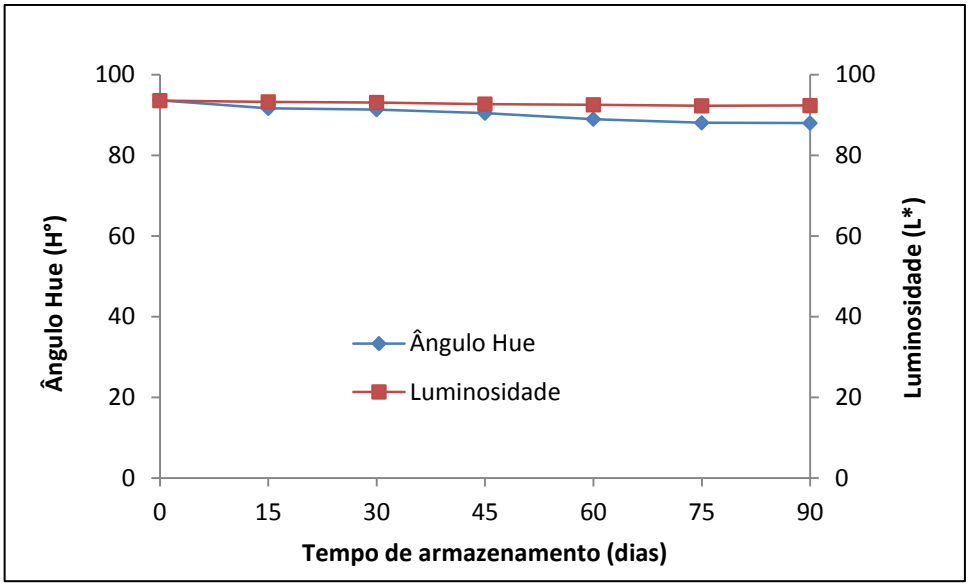


Figura 5.31 – Comportamento dos parâmetros de cor (L* e H°) do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C.

O teor de compostos fenólicos e a atividade antioxidante do suco de umbu clarificado apresentaram degradação ao longo do seu armazenamento. Ambos apresentaram o mesmo comportamento (Figura 5.32), mostrando a relação da atividade antioxidante com o teor dos fenólicos. O teste de *Tukey* para o teor de compostos fenólicos mostrou que todos os resultados encontrados diferiram do tempo zero de armazenamento, porém, a partir dos 30 dias, não houve alterações significativas, o que mostra certa estabilidade destes compostos durante o período avaliado.

Segundo Laorko, Tongchitpakdee & Youravong (2013), a diminuição dos compostos fenólicos ao longo do armazenamento se dá, provavelmente, devido à oxidação e reação de polimerização destes compostos. Estes autores, ao avaliarem o efeito da temperatura de armazenamento (4, 27 e 37 °C), observaram uma redução significativa em todas as temperaturas, sendo a menor redução (11,2%) verificada na temperatura de 4 °C.

A atividade antioxidante, em termos estatísticos, se mostrou estável ao longo do armazenamento, mostrando-se diferente apenas no último tempo avaliado, que foi aos 90 dias.

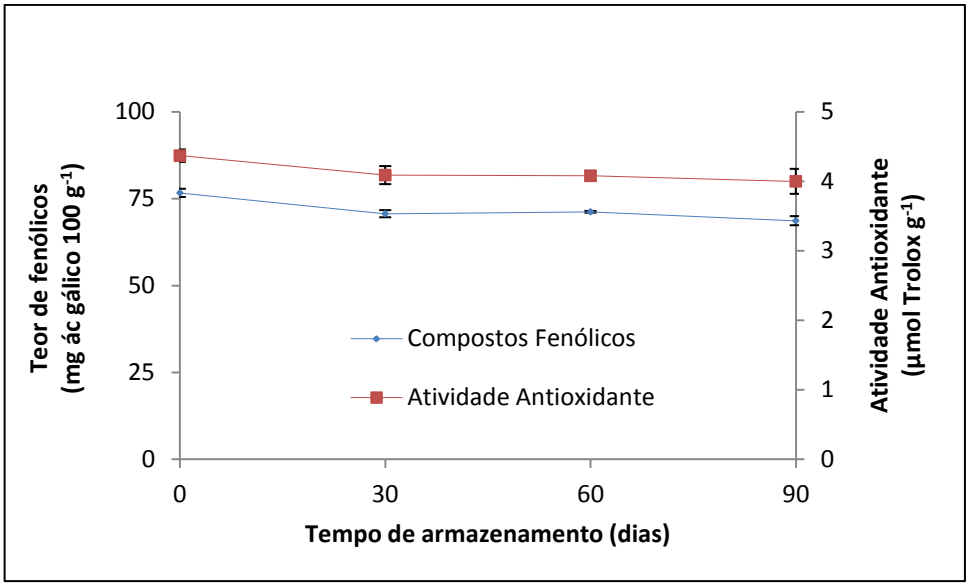


Figura 5.32 - Comportamento dos compostos fenólicos e atividade antioxidante do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C.

A estabilidade físico-química do suco clarificado também foi observada durante este estudo e as Figuras 5.33 e 5.34 apresentam as curvas referentes a estes parâmetros. Foi possível verificar que houve uma diminuição do pH o suco de umbu clarificado após 30 dias de armazenamento, e correspondente aumento da acidez. O teste de *Tukey* mostrou que tanto o pH quanto a acidez foram alterados (<0,05) ao longo do armazenamento em relação ao tempo inicial. Porém, entre 30 e 60 dias de armazenamento esses parâmetros se mantiveram estáveis.

Os sólidos solúveis do suco permaneceram inalterados ao longo do armazenamento, não sendo verificada diferença significativa (p<0,05) entre os tempos avaliados.

Laorko, Tongchitpakdee & Youravong (2013) ao estudarem a estabilidade do suco de abacaxi clarificado por microfiltração armazenado em temperaturas de 4, 27 e 37 °C verificaram a estabilidade do teor de sólidos solúveis em todas as temperaturas ao longo dos seis meses de armazenamento, estando de acordo com os resultados obtidos neste trabalho.

De um modo geral, os parâmetros avaliados sugerem uma estabilidade do suco de umbu clarificado, que se manteve apto para o consumo até os 90 dias de armazenamento refrigerado.

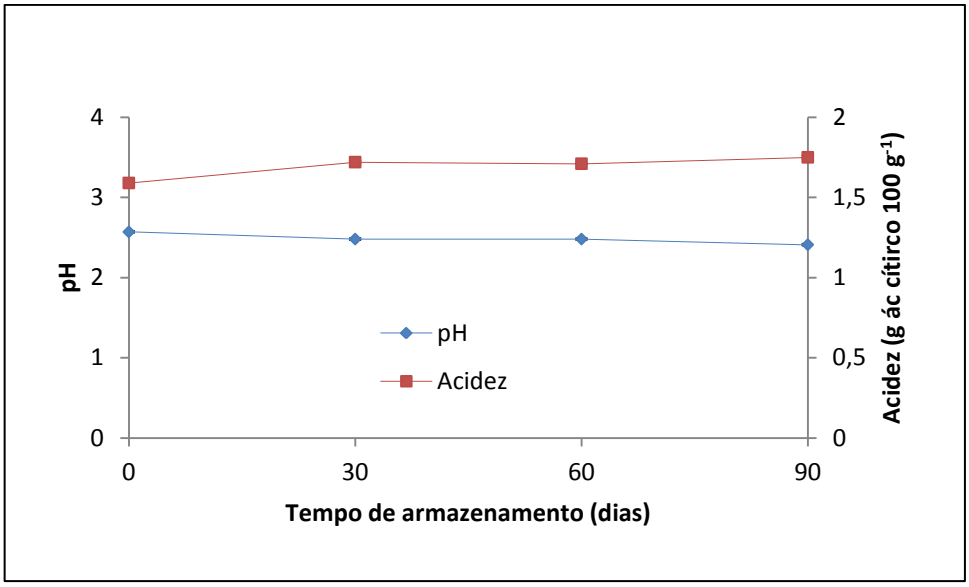


Figura 5.33 - Comportamento do pH e acidez do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C.

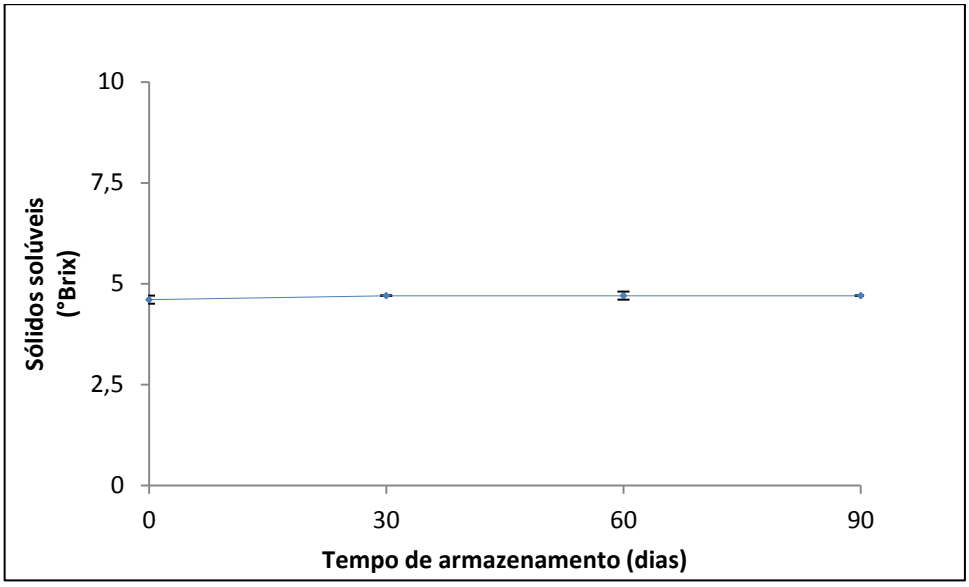


Figura 5.34 - Comportamento dos sólidos solúveis do suco de umbu clarificado durante o seu armazenamento a 6 °C.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- O suco de umbu contém compostos fenólicos, carotenoides e vitamina C, o que justifica, ainda mais, a necessidade de adequação/desenvolvimento de processos visando à sua conservação;
- O delineamento experimental utilizado para a pasteurização do suco de umbu foi adequado e possibilitou definir uma condição de processo que tivesse menor impacto sobre as características originais do suco e, além disso, com a qualidade microbiológica desejada;
- Dentre os 11 néctares testados sensorialmente a partir do suco pasteurizado, dois deles apresentaram boa aceitação sensorial, sendo constatada a influencia do percentual de açúcar para a aceitação;
- O suco de umbu pasteurizado (86 °C/25 s) apresentou estabilidade física, química e microbiológica durante o armazenamento a 6 °C por 90 dias, estando de acordo com a legislação vigente para a qualidade microbiológica;
- A microfiltração do suco de umbu só foi possível após tratamento do mesmo com o complexo enzimático Rapidase Smart Color, associado à centrifugação;
- O suco clarificado obtido pelo processo de microfiltração em membranas cerâmicas a 35 °C apresentou aparência límpida, translúcida e levemente amarelada, sem a presença de sólidos em suspensão e sem carotenoides, porém com atividade antioxidante relacionada aos compostos fenólicos e à vitamina C presentes no suco clarificado. Além disto, a microfiltração foi capaz de reter microrganismos, podendo ser considerada uma pasteurização a frio;
- O suco de umbu clarificado apresentou-se estável química, física e microbiologicamente durante o seu armazenamento a 6 °C, estando de acordo com a legislação vigente no que diz respeito à qualidade microbiológica.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Prosseguir na caracterização dos compostos fenólicos presentes no suco de umbu, de modo a se obter um perfil completo destes compostos, incluindo os ácidos fenólicos;
- Acompanhar o perfil de carotenoides por cromatografia líquida em todos os pontos do delineamento da pasteurização e no estudo da estabilidade;
- Estudar as reações bioquímicas que alteram a cor do produto tanto no processamento quanto no armazenamento;
- Caracterizar sensorialmente o suco clarificado obtido pelo processo de microfiltração em membranas cerâmicas;
- Desenvolver produtos com a torta da centrifugação rica em carotenoides.

REFERENCIAS

American Public Health Association. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 4rd edition. Editora APHA. Press. Washington, D.C., 676p, 2001.

ANDRADE, P. F. S. **Análise da conjuntura agropecuária safra 2011/12.** Secretaria da Agricultura e do Abastecimento Departamento de Economia Rural, Paraná, 2012.

ANJOS, J. B. dos; CAVALCANTI, N. de B.; COSTA, E. O. Suco de umbu (Spondias tuberosa Arruda): uma alternativa econômica para a agricultura familiar no semi-árido. In: **Semana Internacional da Fruticultura, Simpósio de Inovações Tecnológicas e Gerenciais**, 2002, Fortaleza. Resumos expandidos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical; Sindifruta, 2002.

ANTOLOVICH, M.; PRENZLER, P.; ROBARDS, K. & RYAN, D. Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits - Review. ***Analyst.***, v. 125, p. 989-1009, 2000.

ANVISA. Agência nacional de vigilância sanitária. **Resolução RDC nº 12, de 02/01/2001**. Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 10 jan. 2001, Seção I, p. 45-53.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o "Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais".

AOAC. **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemist, 2005.

AOAC. **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA, USA: Association of Official Analytical Chemist, 2010.

AVILA, M. A.; VELASCO, J. C.; CANSADO, J.; NOTARIO, V. Quercetin mediates the down regulation of mutant p53 in the human breast cancer cell line MDA-MB468. **Cancer Res.**, v.54, n. 9, p. 2424-2428, 1994.

BASTOS, C. T. R. M.; LADEIRA, T. M. S.; ROGEZ, H.; PENA, R. S. Estudo da eficiência da pasteurização da suco de taperebá (*spondias mombin*). **Alimentos e Nutrição.** v. 19, n. 2, p. 123-131, 2008.

BARRETO, G. P. M. **Carotenóides e compostos bioativos: relação com propriedades anti-radical livre e corante em frutas tropicais.** Tese (Programa de Pós Graduação: Programa em Ciência de Alimentos) FEA, UNICAMP, Campinas, 165 p., 2008.

BEHLING, E. B.; SENDÃO, M. C.; FRANCESCATO, H. D. C.; ANTUNES, L. M. G.; BIANCHI, M. L. P. Flavonóide quercetina: aspectos gerais e ações biológicas **Alim. Nutr.** v. 15, n. 3, p. 285-292, 2004.

BOKKENHEUSER, V.D.; SHACKLETON, C.H.; WINTER, J. Hydrolysis of dietary flavonoid glycosides by strains of intestinal Bacteroides from humans. **Biochemical J**., v. 248, n. 3, p. 953-6, 1987.

BORGES, S.V.; MAIA, M.C.A.; GOMES, R. de C.M.; CAVALCANTI, N.B. Chemical composition of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam) seeds. **Química Nova**, v. 30, n.1, p. 49-52, 2007.

BRAGA, A. C. C.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M.; ARAÚJO, L. A. Avaliação da influência da temperatura e do tratamento enzimático no comportamento reológico do suco de abacaxi pérola (*Ananas Comosus* L. merr.). **Rev. Bras. Frutic,** v. 35, n. 1, p. 226-237, 2013.

BRASIL, 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa n° 01, de 07 de janeiro de 2000 (Padrão de Identidade e Qualidade de sucos de frutas).

CAMPOS, D. C. P.; SANTOS, A. S.; WOLKOFF, D. B.; MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; COURI, S. Cashew apple juice stabilization by microfiltration. **Desalination,** v. 148, n. 1-3, p. 61-65, 2002.

CARVALHO, P. E. R. **Espécie Arbóreas Brasileiras**. Vol. 3, 1 ed. Brasília, p. 593, 2008.

CASSANO, A.; JIAO, B.; DRIOLI, E. Production of concentrated kiwifruit juice by integrated membrane process. **Food Research International**, v. 37, n.2, p. 139-148, 2004.

CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M.; MEDEIROS, S. S. A.; DUARTE, M. E. M. Microencapsulamento do umbu em pó: estudo do tamanho das partículas por microscopia eletrônica. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, n. 1, p. 59-70, 2005.

CHERYAN, M. In: **Ultrafiltration and Microfiltration Handbook**, Technomic Publishing Company 1998.

CRUZ, A. P. G. **Avaliação da influência da extração e microfiltração do açaí sobre sua composição e atividade antioxidante.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Bioquímica), Instituto de Química/UFRJ, Rio de Janeiro, 88 p., 2008.

CRUZ, A. P. G.; MATTIETTO, R. A.; TAXI, C. M. A. D.; CABRAL, L. M. C.; DONANGELO, C. M. MATTA, V. M. Effect of microfiltration on bioactive componentes and antioxidante activity of açaí (*Euterpe olerace Mart*.). **Desalination and Water Treatment,** v. 27, n. 1-3, p. 97-102, 2011.

DESCHNER, E. E.; RUPERTO, J.; WONG, G.; NEWMARK, H. L. Quercetin and rutin as inhibitors of azoxymethanol-induced colonic neoplasia. **Carcinogenesis**, v.12, n. 7, p. 1193–1196, 1991.

ECHAVARRÍA, A. P.; FALGUERA, V.; TORRAS, C.; BERDÚN, C.; PÁGAN, J.; IBARZ, A. Ultrafiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of fruit juices at pilot plant scale. **LWT - Food Science and Technology**, v. 46, n.1, p.189-195, 2012.

ERLUND, I; KOSONEN, T; ALFTHAN, G; MÄENPÄÄ, J; PERTTUNEN, K; KENRAALI, J; PARANTAINEN, J; ARO, A. Pharmacokinetics of quercetin from quercetin aglycone and rutin in healthy volunteers. **European Journal of Clinical Pharmacology**, v. 56, n. 8, p. 545 – 553, 2000.

FARAONI, A. S.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; LAUREANO, J. Efeito dos métodos de conservação, tipos de embalagem e tempo de estocagem na coloração de suco de manga "Ubá" produzida em sistema orgânico. **Revista Ceres**, p. 55, n. 6, p. 504-511, 2008.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos. Princípios e prática.** 2ª. Ed, Artmed, 602 p., 2006.

FERREIRA, V. L. P. **Princípios e Aplicações da Colorimetria em Alimentos**. Campinas. ITAL. 86p, 1981.

FRANCO, B. D. G.; LANDGRAF, M. Microbiologia de alimentos. 2 ed. São Paulo: Editora Atheneu, 2003.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, S. Y. S.; ROCHA, A. S.; LIMA, R. R. Aproveitamento industrial do umbu: processamento de geléia e compota **Ciência Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1308-1314, 2003.

GALVÃO, M.S.; NARAIN, N.; SANTOS, M.S.P.; NUNES, M.L. Volatile compounds and descriptive odour attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits during maturation. **Food Research International,** v. 44, n. 7, p. 1919-1926, 2011.

GAMA, J. J. T.; SYLOS, C. M. Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. **Food Chemistry**. v.100, n. 4 p. 1686-1690, 2007.

GAVA, A. J. **Princípio de Tecnologia de Alimentos.** São Paulo: Nobel, 1ª Ed., 242 p, 1998.

GAVA, A. B.; CABRAL, L. M. C.; MATTA, V. M.; FREITAS, S. P. Clarificação de suco de camu-camu por microfiltração. **Braz. J. Food Technol**, v. 16, n. 3, p. 207-215, 2013.

GENOVESE, M. I.; PINTO, M. S.; GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO F. M. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, v. 14, n. 3, p. 207–214, 2008.

GEORGE, S.; BRAT, P.; ALTER, P.; AMITOT, M. J. Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. **Journal of Agricultural and Food Chemistry,** v. 53, n. 5, p. 1370-1373, 2005.

GODOY, R. L. O. ; NASCIMENTO, E. M. ; RIBEIRO, L. O. ; NASCIMENTO, L. S. M. ; PACHECO, S. ; BORGUINI, R. G. ; MATTA, V. M. . Metodologia para identificação e quantificação de flavonoides na suco de umbu por cromatografia líquida de alta eficiência. **Comunicado Tecnico - Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos**, 2013.

GOMES, F. S.; COSTA, P. A.; CAMPOS, M. B. D.; TONON, R. V.; COURI, S.; CABRAL, L. M. C. Watermelon juice pretreatment with microfiltration process for obtaining lycopene. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n.3, p. 601–608, 2013.

GOMES, P. B.; CARVALHO, L. M. J.; MOURA, M. R. L.; CARDOSO, F.; TEBALDI, N.; CRUZ, G.; FIGUEIREDO, R.; CARVALHO, J. L. V.; PACHECO, S. GODOY, R. L. O. Processing of pulp cagaita (*eugenia* dysenterica dc) microfiltration system in evaluating the process after loss of carotenoids**. In: 16th IUFoST World Congress Food Science and Technology, anais eletrônico**, 2012.

GOMES, R. P. **Fruticultura Brasileira.** 13 ed., Editora Nobel, Reimpressão, p. 446, 2007.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Bioactive compounds of camu-camu (M*yrciaria dubia* McVaugh): chemical characterization and biological activity**. Tese – Faculdade de Ciências Farmacêuticas – Universidade de São Paulo, São Paulo, 114 p., 2012.

GONÇALVES, A. E. S. S.; LAJOLO, F. M; GENOVESE, M. I. Chemical composition and antioxidant/antidiabetic potential of Brazilian native fruits and commercial frozen pulps. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** v. 58, n. 8, p. 4666–4674, 2010.

GOUVEA, R. F. **Efeito do tratamento enzimático no comportamento reológico da suco de umbu.** Trabalho de conclusão de curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 50 p., 2013.

GOUVEA, R. F.; CAVALCANTI, N.B.; PONTES, S. M.; MATTA, V. M. Bioactive Compounds and antioxidant capacity of umbu at two ripening stages. **In: 13 IFT Annual Meeting & Food Expo**, Chicago. 13 IFT Annual Meeting. Chicago: IFT, v. 1. p. 1-1, 2013.

GROSS, J. **Pigments in fruits (Food Science and technology).** Academic Press, 1987.

HABERT, A. C.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. **Processos de Separação por Membranas.** Escola Piloto em Engenharia Química – COPPE/UFRJ. E-papers Serviços Editoriais. p. 180, 2006.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M.; IZIDORO, D. R.; MASSON, M. L. Rheological Characterization of Blackberry Pulp. **Braz. J. Food Technol.**, v. 9, n. 4, p. 291-296, 2006.

HERTOG, M.G.L.; HOLLMAN, P.C.H.; KATAN, M.B.; KROMHOUT, D. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in The Netherlands. **Nutr. Cancer**, v. 20, n. 1, p. 21-29, 1993.

HUANG, C. P., AU, L. C., CHIOU, R. Y., CHUNG, P. C., CHEN, S. Y., & TANG, W. C. Arachidin- 1, a peanut stilbenoid, induces programmed cell death in human leukemia HL-60 cells. **Journal of Agricultural and Food Chemisry,** v. 58,n. 23, p. 12123–12129, 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (POF – Pesquisa de Orçamentos Familiares, 2010). Disponível em: www.ibge.gov.br , Acesso em: 01/11/2012.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Produção Extrativa Vegetal, 2012). Disponível em: www.ibge.gov.br . Acesso em: 01/11/2012.

JORGE, E. C. **Preservação de suco de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Camâra) verde e madura por métodos combinados.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 72 p., 2003.

JÚNIOR, O. R. D. **Qualidade e capacidade antioxidante total de frutos de genótipos de umbuzeiro oriundos do semi-árido nordestino.** Tese de Doutorado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, Areia, 90 p., 2008.

KASTER. B. **Efeitos das condições operacionais na microfiltração do suco de maçã.** Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 83 p., 2009.

KELEMEN, L. E; CERHAN, J. R.; UNHEE, L.; DAVIS, S.; COZEN, W.; SCHENK. M.; COLT, J.; HARTGE, P.; WARD, M. H. Vegetables, fruit, and antioxidant-related nutrients and risk of non-Hodgkin lymphoma: a National Cancer Institute-Surveillance Epidemiology, and End Results population-based case control study. **Am J Clin Nutr**, v.83, n. 6, p. 1401-1410, 2006.

KLIMCZAK, I.; MALECKA, M.; SZLACHTA, M.; GLISZEZYNSKA-SWIGLO, A. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 20, n. 3-4, p. 313–322, 2007.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; MORALES, M. T.; FETT, R. Frutos tropicais silvestres e sucos de frutas congeladas: atividade antioxidante, polifenóis e antocianinas. **Ciência Rural**, v. 36, n. 4, p. 1283-1287, 2006.

LA CASA, C.; VILLEGAS, I.; ALARCÓN DE LA LASTRA, C.; MOTILVA, V.; MARTÍN CALERO, M. J. Evidence for protective and antioxidant properties of rutin, a natural flavone, against ethanol induced gastric lesions. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 71, n.1-2, p. 45–53, 2000.

LAORKO, A.; LI, Z.; TONGCHITPAKDEE, S.; CHANTACHUM, S.; YOURAVONG, W. Effect of membrane property and operating conditions on phytochemical properties and permeate flux during clarification of pineapple juice. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 3, p. 514-521, 2010.

LAORKO, A.; LI, Z.; TONGCHITPAKDEE, S.; YOURAVONG, W. S. Storage quality of pineapple juice non-thermally pasteurized and clarified by microfiltration. **Journal of Food Engineering**, v. 116, n.2, p. 554–561, 2013.

LEONE, R. S.; RAMOS, A. M.; ROCHA, F. I. G. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial.** v. 5, n.1, p. 480-489, 2011.

LIMA, L. F. N.; ARAÚJO, J. E. V.; ESPÍNDOLA, A. C. M. **Umbu (*Spondias tuberosa* Arr.m Câm.)**. Jaboticabal: Funep, p. 29, 2000.

MARTÍNEZ-FLÓREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J.M.; TUÑÓN, M.J. Los flavonoides: propriedades y acciones antioxidantes. **Nutritional Hospital**, v.17, n.6, p-271-278, 2002.

MARTINS, M. L. A.; BORGES, S. V.; DELIZA, R.; CASTRO, F. T. C.; CAVALCANTE, N. B. Características de doce em massa de umbu verde e maduro e aceitação pelos consumidores. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 42, n. 9, p. 1329-1333, 2007.

MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n.2, p. 293-297, 2004.

MATTA, V. M.; MORETTI, R. H.; CABRAL, L. M. C. Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n.3, p. 477-482, 2004.

MATTIETTO, R. A.; LOPES, A. S.; MENEZES, H. C. Estabilidade do néctar misto de cajá e umbu**. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27 n. 3, p. 456-463, 2007.

MATTIETTO, R. A. **Estudo tecnológico de um néctar misto de cajá (*Spondias Lutea* L.) e umbu (*Spondias Tuberosa*, Arruda Câmara).** Tese (Faculdade de Engenharia de Alimentos), Unicamp, 299 p., 2005.

MELO, E. A.; ANDRADE, R. A. M. S.; Compostos Bioativos e Potencial Antioxidante de frutos do Umbuzeiro. **Alim. Nutr.**, v. 21, n. 3, p. 453-457, 2010.

NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (Spondias tuberosa) fruits. **Food Chemistry**. v. 44, n. 4, p. 255-259, 1992.

NIJVELDT, R. J.; NOOD, E.; HOORN, D. E. C.; BOELENS, P. G. NORREN, K.; LEEUWEN, P. A. M. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. Am. **J. Clin. Nutr**., Bethesda, v. 74, n.4, p. 418-425, 2001.

OLIVEIRA, E. A. **Efeitos da pasteurização térmica sobre as características químicas, físico-químicas, sensoriais e reológicas da suco de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara).** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica, RJ, 55 p., 2006.

OLIVEIRA, D. S.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R. P. C.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes da Ceasa do Estado de Minas Gerais. **Acta Scientiarum. Health Sciences.** v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OLIVEIRA, A.; PINTADO, M.; ALMEIDA, D. P. F. Phytochemical composition and antioxidant activity of peach as affected by pasteurization and storage duration. **LWT - Food Science and Technology.** v. 49, n.2, p. 202-207, 2012.

OLIVEIRA, V. B.; YAMADA, L. T.; FAGG, C.W.; BRANDÃO, M. G. L. Native foods from Brazilian biodiversity as a source of bioactive compounds. **Food Research International**, v. 48, n.1, p. 170 –179, 2012.

OMS, Organização Mundial de Saúde. Iniciativa de Promoção de Frutas e Hortaliças – Nota da Reunião, Geneva, 25–27 agosto, p. 29, 2003.

PACHECO, S. **Preparo de padrões analíticos, estudo da estabilidade e parâmetros de validação para ensaio de carotenoides por cromatografia líquida**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica, RJ, 105 p., 2009.

PALACIO, D. N. M. **Concentração de suco clarificado de açaí por osmose inversa.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processo Químico e Bioquímico). Escola de Química, UFRJ, Rio de Janeiro, 73 p., 2008.

PALLET, D.; CABRAL, L; MATTA, V. M.; PEZOA-GARCÍA, N. H.; MENEZES, H. C.; ABREU, F. A. P.; DORNIER, M.; REYNES, M. Aplicação da tecnologia de membranas no processamento de sucos de frutas brasileiras. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.22, n.2, p. 427-437, 2005.

PAULA, B.; FILHO, C. D. C.; MATTA, V. M.; MENEZES, J. S.; LIMA, P. C.; PINTO, C. O.; CONCEIÇÃO, L. E. M. G. Produção e caracterização físico-química de fermentado de umbu. **Ciência Rural**, v. 42, n. 9, p. 1688-1693, 2012.

PELAIS, A. C. A.; ROGEZ, H.; PENA, R. S. Estudo da pasteurização da Suco de muruci. **Alimentos e Nutrição.** v.19, n.1, p. 17-24, 2008.

PEREIRA, E. A.; BRANDÃO, E. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A. Influência da concentração no comportamento reológico nos estados estacionários e oscilatórios de suco de umbu. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 87-90, 2008.

PÉREZ-GUERRERO, C.; MARTÍN, M. J.; MARHUENDA, E. Prevention by rutin of gastric lesions induced by ethanol in rats: role of prostaglandins. **General Pharmacology**, v. 25, n.3, p. 575–580, 1994.

PORTER, M. C. Microfiltration In: PORTER, M. C (Ed) **Handbook of industrial membrane technology.** New Jersey, Noyes Publications, p. 62 – 135, 1990.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. A. Antioxidant activity applying and improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biological and Medicine**, v. 26, n.9-10, p. 1231-1237, 1999.

REED, B. J.; HENDRIX Jr., C. M.; HENDRIX, D. L. Quality Control for Citrus Processing Plants. **Intercit**, v. 1, 1986.

RODHES, M. J. C. Physiologically-active coumpounds in plant foods: an overview **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 55, n. 1B, p. 371-397, 1996.

RODRIGUEZ - AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods.** Washington, ILSI Press, p. 64, 1999.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Effects of processing and storage on food carotenoids. **Sight Life Newsletter**, v.3, p. 25-35, 2002.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J; **Fontes Brasileiras de Carotenoides: Tabela de Brasileira de Composição de Carotenoides em Alimentos.** Brasília: MMA/SBF, p. 100, 2008.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F.; MANCINI-FILHO, J. Bioactive compounds and antioxidant capacities of 18 non-traditional tropical fruits from Brazil. **Food Chemistry.** v. 121, n. 4, p. 996–1002, 2010.

SALES, A.; WAUGHON, T. G. M. Influence of processing on the bioactive compound content in murici and hog plum fruits. **Revista Agrarian.** v. 6, n. 19, p. 7-15, 2013.

SANCHO, S. O.; MAIA, G. A.; FIGUEIRERO, R. W.; RODRIGUES, S.; SOUZA, P. H. M. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** v. 27, n. 4, p. 878-882, 2007.

SANTIAGO, M. C. P. A.; GOUVÊA, A. C. M. S.; COUTO, D. S.; CABRAL, L. M. C.; GODOY, R. L. O. Effect of enzymatic treatment on the viscosity of raw juice and anthocyanins content in the microfiltrated blackberry juice. **Desalination and Water Treatment.** v. 27, n.1-3, p. 37–41, 2011.

SANTOS, E. O. C.; OLIVEIRA, A. C. N. **Importância sócio-econômica do beneficiamento do umbu para os municípios de Canudos, Uauá e Curaça**. In: Anais do 3º Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva no Semi-Árido, ABCMAC, 2004. Campina Grande-PB, 2004.

SAURA-CALIXTO, F. GOÑI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, v. 94, n.3, p. 442–447, 2006.

SEAGRI (Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária). **Cultura – Umbuzeiro (2001).** Disponível em http://www.seagri.ba.gov.br/ Acesso em: 28/01/2013.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. **Food phenolics: sources, chemistry, effects and applications**. Lancaster: Technomic; 1995.

SHINAGAWA, F. B. **Avaliação das características bioquímicas da suco de mamão *(carica papaya* l.*)* processada por alta pressão hidrostática.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos). Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 133 p., 2009.

SILVA, L. M. R.; FIGUEIREDO, E. A. T.; FIGUEIREDO, R. W.; GOMES, C. L.; LIMA, A.C.S. Avaliação da atividade antimicrobiana de extratos fenólicos de suco de cajá e resíduo de manga contra *l. Monocytogenes* e *e.coli* k12. **Revista Magistra**. v. 25 n. especial, 2013.

SILVA, M. F. V. **Efeito de diferentes tratamentos e embalagens na suco de acerola e caracterização dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o tempo de armazenamento.** Tese de Doutorado – UNICAMP, Campinas, SP, 1999.

SILVA, P. P. M. **Conservação da suco de juçara (*Euterpe Edulis*) submetida a radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização.** Piracicaba, SP. Tese de Doutorado – USP. p. 259 , 2013.

SILVA, T. T.; MODESTA, R. C. D.; PENHA, E. M.;MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C. Suco de maracujá orgânico processado por microfiltração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira.** v. 40, n. 4, p. 419-422, 2005.

SINGLETON, V.L. & ROSSI Jr., J.A. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-168. 1965.

SOARES, L. P.; JOSÉ, A. R. S. Compostos bioativos em sucos de mangas ‘rosa’ e ‘espada’ submetidas ao branqueamento e congelamento. **Rev. Bras. Frutic**., v. 35, n. 2, p. 579-586, 2013.

Tabela TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos TACO. 4 ed. rev. ampl. Campinas: NEPA / UNICAMP, p.161, 2011.

USHIKUBO, F. Y. **Efeito do tratamento enzimático, da velocidade tangencial e da pressão transmembrana na microfiltração da suco diluída de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Unicamp, 117 p., 2006.

USHIKUBO, F. Y.; WATANABE, A. P.; VIOTTO, L. A. Microfiltration of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) juice using polypropylene menbrane. **Desalination,** v. 200, n.1-3, p. 549-551, 2006.

USHIKUBO, F. Y.; WATANABE, A. P.; VIOTTO, L. A. Microfiltration of umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) juice. **Journal of Membrane Science,** v. 288, n.1-2, p. 61–66, 2007.

VAILLANT, F.; CISSE, M.; CHAVERRI, M.; PEREZ, A.; DORNIER, M.; VIQUEZ, F.; DHUIQUE-MAYER, C. Calrification and concentration of melon juice using membrane process. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** v. 6, n.2, p. 213-220, 2005.

VIANA. D. S.; CARVALHO, L. M. J.; RIBEIRO, E. M. G.; ORTIZ, G. M. D. Content of total polyphenols in biodynamic organic acid lime (*citrus latifolia* tanaka) clarified by microfiltration. **Food Industrial Processes – Methods and Equipment,** p. 301-312, 2012.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; CARVALHO, N. B.; MILAGRES, M. P.; GONÇALVES, A. C. A. Effect of a health claim on consumer acceptance of exotic Brazilian fruit juices: Açaí (Euterpe oleracea Mart.), Camu-camu (Myrciaria dubia), Cajá (Spondias lutea L.) and Umbu (Spondias tuberosa Arruda). **Food Research International**, v. 44, n. 7, p. 1988-1996, 2011.

VILLANUEVA, N. D. M.; PETENATE, A. J.; DA SILVA, M. A. A. P. Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. **Food Quality and Preference**, v. 16, n. 8, p. 691-703, 2005.

WANG, J.; ZHAO, L-L; SUN, G-X; LIANG, Y.; WU, F-A; CHEN, Z.; CUI, S. A comparison of acidic and enzymatic hydrolysis of rutin. **African Journal of Biotechnology**, v. 10, n. 8, p.1460-1466, 2011.

ZHANG, J.; DHAKAL, I.; STONE, A.; NING, B.; GREENE, G.; LANG, N.P.; KADLUBAR, F. F. Plasma carotenoids and prostate cancer: a population-based case-control study in Arkansas. **Nutr Cancer**, v. 59, n.1, p. 46-53, 2007.

APÊNDICE

Apêndice A – Tabela ANOVA pH

ANOVA; Var.:pH; R-sqr=0,29688; Adj:0,0 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=0,000375 DV: pH

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	0,000225	1	0,000225	0,600000	0,495025
(2)Temperatura	0,000025	1	0,000025	0,066667	0,812953
1 by 2	0,000225	1	0,000225	0,600000	0,495025
Error	0,001125	3	0,000375		
Total SS	0,001600	6			

Apêndice B - Tabela ANOVA sólidos solúveis

ANOVA; Var.:Brix; R-sqr=0,875; Adj:0,75 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=0,0089286 DV: Brix

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	0,062500	1	0,062500	7,000000	0,077274
(2)Temperatura	0,062500	1	0,062500	7,000000	0,077274
1 by 2	0,062500	1	0,062500	7,000000	0,077274
Error	0,026786	3	0,008929		
Total SS	0,214286	6			

Apêndice C - Tabela ANOVA acidez

ANOVA; Var.:acidez; R-sqr=0,03716; Adj:0,0 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=0,002375 DV: acidez

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	0,000025	1	0,000025	0,010526	0,924756
(2)Temperatura	0,000225	1	0,000225	0,094737	0,778371
1 by 2	0,000025	1	0,000025	0,010526	0,924756
Error	0,007125	3	0,002375		
Total SS	0,007400	6			

Apêndice D - Tabela ANOVA carotenoides

ANOVA; Var.:Carotenoides; R-sqr=0,98133; Adj:0,96266 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=0,1736143 DV: Carotenóides

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	11,62810	1	11,62810	66,97663	0,003817
(2)Temperatura	15,36640	1	15,36640	88,50885	0,002545
1 by 2	0,38440	1	0,38440	2,21410	0,233487
Error	0,52084	3	0,17361		
Total SS	27,89974	6			

Apêndice E - Tabela ANOVA fenólicos totais

ANOVA; Var.:Fenólicos Totais; R-sqr=0,5825; Adj:0,16501 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=39,31846 DV: Fenólicos Totais

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	52,9984	1	52,99840	1,347927	0,329629
(2)Temperatura	26,9361	1	26,93610	0,685075	0,468539
1 by 2	84,6400	1	84,64000	2,152678	0,238606
Error	117,9554	3	39,31846		
Total SS	282,5299	6			

Apêndice F - Tabela ANOVA atividade antioxidante

ANOVA; Var.:Atividade Antioxidante; R-sqr=0,50803; Adj:0,01605 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=,1028036 DV: Atividade Antioxidante

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	0,065025	1	0,065025	0,632517	0,484546
(2)Temperatura	0,018225	1	0,018225	0,177280	0,702066
1 by 2	0,235225	1	0,235225	2,288101	0,227570
Error	0,308411	3	0,102804		
Total SS	0,626886	6			

Apêndice G - Tabela ANOVA luminosidade (L*)

ANOVA; Var.:L*; R-sqr=0,86205; Adj:0,72411 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=0,1164036 DV: L*

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	1,288225	1	1,288225	11,06689	0,044830
(2)Temperatura	0,093025	1	0,093025	0,79916	0,437213
1 by 2	0,801025	1	0,801025	6,88145	0,078781
Error	0,349211	3	0,116404		
Total SS	2,531486	6			

Apêndice H - Tabela ANOVA a*

ANOVA; Var.:a*; R-sqr=0,98395; Adj:0,9679 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=0,0005143 DV: a*

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	0,036100	1	0,036100	70,19444	0,003566
(2)Temperatura	0,014400	1	0,014400	28,00000	0,013168
1 by 2	0,044100	1	0,044100	85,75000	0,002665
Error	0,001543	3	0,000514		
Total SS	0,096143	6			

Apêndice I - Tabela ANOVA b*

ANOVA; Var.:b*; R-sqr=0,82955; Adj:0,6591 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=0,0740702 DV: b*

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	0,099225	1	0,099225	1,339607	0,330887
(2)Temperatura	0,366025	1	0,366025	4,941593	0,112731
1 by 2	0,616225	1	0,616225	8,319468	0,063304
Error	0,222211	3	0,074070		
Total SS	1,303686	6			

Apêndice J - Tabela ANOVA H°

ANOVA; Var.:H°; R-sqr=,96855; Adj:,93709 (Resultados pasteurização) 2**(2-0) design; MS Residual=,0396417 DV: H°

	SS	df	MS	F	p
(1)Tempo	1,288225	1	1,288225	32,49674	0,010705
(2)Temperatura	0,748225	1	0,748225	18,87471	0,022514
1 by 2	1,625625	1	1,625625	41,00799	0,007714
Error	0,118925	3	0,039642		
Total SS	3,781000	6			

Apêndice K - Tabela ANOVA para aceitação dos néctares de umbu

ANOVA; Var.:Notas; R-sqr=0,9947; Adj:0,9894 (Sensorial) 2 factors, 1 Blocks, 11 Runs; MS Residual=0,0180568 DV: Notas

	SS	df	MS	F	p
(1)Suco %(L)	5,26914	1	5,26914	291,8100	0,000013
Suco %(Q)	0,32298	1	0,32298	17,8870	0,008254
(2)Açúcar %(L)	11,18382	1	11,18382	619,3706	0,000002
Açúcar %(Q)	0,13680	1	0,13680	7,5762	0,040191
1L by 2L	0,12250	1	0,12250	6,7842	0,047979
Error	0,09028	5	0,01806		
Total SS	17,02909	10			

Apêndice L – Teste de Tukey para o teor de carotenoides entre as medias obtidas para o suco pasteurizado e para o controle.

Tukey HSD test; variable Var2 (Spreadsheet3) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 6,2303, df = 14,000

	Var1	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
1	1		0,794244	0,673726	0,036073	0,533947	0,484922	0,494963
2	2	0,794244		0,999987	0,353694	0,999034	0,997441	0,997870
3	3	0,673726	0,999987		0,466876	0,999978	0,999865	0,999903
4	4	0,036073	0,353694	0,466876		0,604240	0,654809	0,644352
5	5	0,533947	0,999034	0,999978	0,604240		1,000000	1,000000
6	6	0,484922	0,997441	0,999865	0,654809	1,000000		1,000000
7	7	0,494963	0,997870	0,999903	0,644352	1,000000	1,000000	

Apêndice M – Ficha para avaliação sensorial

AMOSTRA 128

Embrapa

Nome:_____Data:_____

Você está recebendo uma amostra de **NÉCTAR DE UMBU**. Por favor, marque na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da amostra utilizando a escala abaixo.

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

desgostei muitíssimo	nem gostei nem desgostei	gostei muitíssimo

Comentários:_____