

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

CONSERVAÇÃO DE POLPA DE CUPUAÇU (*Theobroma grandiflorum*) POR
MÉTODOS COMBINADOS COM EMPREGO DA TECNOLOGIA DE OBSTÁCULOS

MARTA CRISTINA COSTA

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em
Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do
Ceará como requisito parcial à obtenção do grau de
MESTRE EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia

Fortaleza

2002

Esta dissertação foi submetida à coordenação do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Alimentos outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se à disposição dos interessados na biblioteca da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

Marta Cristina Costa

Dissertação aprovada em ____/____/____

Prof. Dr. Geraldo Arraes Maia
Orientador

Prof. Dr. Raimundo Wilane de Figueiredo
Universidade Federal do Ceará

Dra. Renata Tieko Nassu
EMBRAPA/Agroindústria Tropical

" Não que sejamos capazes, por nós, de pensar alguma coisa, como de nós mesmos; mas a nossa capacidade vem de Deus."

II Co, 3:5.

Dedico

Ao Senhor Jesus, minha força e consolo em todos os momentos. Serei eternamente grata a Deus por mais esta vitória em minha vida.

Aos meus queridos pais Mário e Marilena por terem me amado e me ensinado o valor de um trabalho honesto e de uma conduta digna e decente.

Aos meus irmãos, pela alegria e incentivo que eles me proporcionam com o seu amor e seu exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor e Doutor GERALDO ARRAES MAIA pela orientação acadêmica neste trabalho e pela grata oportunidade de aprendizado no decorrer de todo o curso de mestrado.

Ao pesquisador da EMBRAPA, e dileto amigo, Prof. MEN DE SÁ MOREIRA DE SOUSA FILHO, por seu apoio e incentivo para meu ingresso na pós-graduação e, em especial, no desenvolvimento desta tese, sobretudo na parte experimental.

Ao professor Dr. RAIMUNDO WILANE DE FIGUEIREDO, pelas valiosas sugestões e correções feitas nos rascunhos iniciais desta dissertação.

À pesquisadora da EMBRAPA, Dra. RENATA TIEKO NASSU, pela sua colaboração, disponibilidade e interesse para a concretização deste trabalho.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA / Centro Nacional de Pesquisa de Agroindústria Tropical - CNPAT, pelo apoio logístico no fornecimento de matéria-prima, acesso às instalações laboratoriais, demais facilidades e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À Fundação Cearense de Amparo a Pesquisa - FUNCAP - pelo suporte financeiro no decorrer do curso.

Aos técnicos da EMBRAPA, MANOEL A. DE SOUZA NETO e ARTHUR CLÁUDIO R. DE SOUZA, pela abençoada ajuda em todas as etapas do trabalho experimental.

Aos demais pesquisadores, funcionários e estagiários da EMBRAPA / CNPAT, pela amizade, paciência e ajuda na execução deste trabalho.

Aos amigos GLEUCIA CARVALHO, ARIANE OLIVEIRA e PAULO MACHADO, pelo apoio e participação recebidos.

Ao amigo e irmão em Cristo , MÁRCIO E. CANTO PEREIRA, por seu imensurável auxílio e ensinamentos no tratamento estatístico dos resultados deste trabalho.

A todos os meus irmãos em Cristo Jesus, pela irmandade e amor. Obrigada pelas orações e pelas palavras de benção ministradas ao meu coração.

Aos colegas do curso de mestrado da UFC, pela convivência, companheirismo e respeito, em especial às amigas LUCELENA AGUIAR e MARILZA GOMES.

A todos os professores do curso de mestrado da UFC, pelos ensinamentos e experiências transmitidos.

E, por fim, a todos aqueles que ora não foram citados, mas que também, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

O aumento de consumo de frutos com mínimo processamento tem promovido pesquisas para o desenvolvimento da tecnologia de obstáculos como técnica de conservação. Esta conservação tem como princípio o controle do desenvolvimento microbiano por aplicação de uma série de obstáculos que funcionam como barreiras à sobrevivência dos microrganismos. Este trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros químicos e físico-químicos como aporte ao desenvolvimento do processo para a conservação da polpa de cupuaçu "*in situ*" por métodos combinados, como opção aos métodos onerosos (ex: congelamento), como alternativa para redução de perdas pós-colheita de cupuaçu junto a pequenos e médios produtores. Foram selecionados os seguintes obstáculos: ajuste da A_w da polpa para 0,97 e 0,95 utilizando sacarose em concentrações de 22,5% e 34% em relação ao peso da polpa, ajuste do pH para 3,0, adição de benzoato de sódio em concentrações a 500 ppm, dióxido de enxofre (SO_2) a 400ppm e branqueamento a $90^\circ C/2$ minutos. Estes obstáculos são característicos de produtos conservados por métodos combinados. Os resultados preliminares indicaram que os obstáculos selecionados (pH= 3,0; $A_w=0,98$, $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$; benzoato de sódio a 500ppm e SO_2 a 400ppm, branqueamento $90^\circ C/2$ min) mostraram-se adequados para garantir o controle microbiológico. Foram elaborados néctares com as diferentes polpas para a avaliação sensorial do produto. O produto teve boa aceitação sensorial. A polpa se manteve estável microbiologicamente, entretanto, foi observado ao longo da vida de prateleira um escurecimento na cor, demonstrando que a quantidade de SO_2 adicionada não foi suficiente para assegurar a conservação da cor do produto final.

ABSTRACT

The increase in the use of fruits with a minimum processing has promoted researches in the development of hurdle technology as a practice of preservation. This conservation has as a target the control of the microbiological development by the application of several parameters which avoid the increase of microorganisms. This work had the objective of evaluate chemical and physico-chemical standards as a support in the development of the process preservation of cupuaçu pulp "in situ" by combined methods as an alternative to costly technics (ex: freezing), reducing post harvest losses of cupuaçu fruits for little and medium farmers. The following obstacles were chosen: water activity adjustment for values of $A_w=0,97$ and $A_w=0,95$ by addition of sucrose (22,5% and 34%, respectively); slow reduction of pH =3,0; addition of sodium benzoate (500ppm); addition of sulfite dioxide (400ppm) and the use of blanching ($T=90^{\circ}\text{C}/ 2\text{min}$). Theses obstacles are typical of foods conservated by combined methods. The pulps with $A_w=0,98$, 0,97 and 0,95 were evaluated during the shelf-life for 120 days in ambient temperature. The nectars of cupuaçu were formulated through the pulps for the sensory evaluation. The sensory test showed that the nectar of cupuaçu, obtained from pulp conserved by combined methods was tasty and obtained good grades from panelists. The parameters used in this experiment waranted the microbiological stability of the product. Nevertheless, a browning of the pulp was observed after 30 days of storage.

SUMÁRIO

RESUMO	
ABSTRACT.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE TABELAS EM ANEXO.....	
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Origem e distribuição.....	3
2.2 Taxonomia.....	4
2.3 Características químicas e físico-químicas.....	5
2.4 Aspectos de produção e comercialização.....	6
2.5 Industrialização.....	8
2.6 Conservação de alimentos por métodos combinados	10
2.6.1 Aspectos Gerais.....	10
2.6.2 Métodos Combinados para a Conservação de Frutos.....	13
2.6.3 Teoria de Obstáculos.....	18
2.7 Principais obstáculos utilizados na tecnologia de métodos combinados.....	22
2.7.1 Atividade de água.....	22
2.7.2 Atividade de água na estabilidade química e microbiológica.....	27
2.7.3 Tratamento térmico.....	29
2.7.4 Acidez e potencial hidrogeniônico (pH).....	29
2.7.5 Conservantes.....	32
3. MATERIAL E MÉTODOS	37
3.1 Determinação física	40
3.1.1 Cor.....	40
3.2 Determinações físico-químicas	40

3.2.1 pH.....	40
3.2.2 Acidez total titulável (ATT)	41
3.2.3 Atividade de água.....	41
3.2.4 Açúcares redutores (AR).....	41
3.2.5. Açúcares totais.....	41
3.2.6. Sólidos solúveis totais.....	41
3.2.7 Dióxido de enxofre total.....	41
3.3 Determinações microbiológicas	42
3.4 Avaliação sensorial	42
3.5 Análise estatística	42
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
4.1 Caracterização da polpa de cupuaçu.....	44
4.2 Ensaio preliminares.....	46
4.2.1 Adequação da Aw na polpa de cupuaçu.....	46
4.2.2 Adequação do pH na polpa de cupuaçu.....	47
4.2.3 Efeito do benzoato na estabilidade microbiológica da polpa de cupuaçu.....	52
4.2.4 Efeito do SO ₂ no controle ao escurecimento da polpa de cupuaçu.....	53
4.2.5 Influência do tratamento térmico (branqueamento) na polpa de cupuaçu	56
4.3 Ensaio definitivos.....	58
4.3.1 Experimento com adição de ácido cítrico.....	58
4.3.1.1 Acidez total titulável (ATT%)	58
4.3.1.2. pH.....	59
4.3.2. Experimento com tratamento térmico (branqueamento).....	60
4.3.2.1. Cor (L*).....	60
4.3.2.2 Sólidos solúveis totais.....	61
4.3.2.3. Acidez total titulável (ATT).....	62
4.3.2.4. Atividade de água (Aw).....	63
4.3.3. Experimento com SO ₂ na polpa de cupuaçu.....	64
4.3.3.1. Cor (L*).....	64
4.3.3.2 SO ₂	66

4.4 Avaliação final da polpa de cupuaçu	67
4.4.1 Características físico-químicas da polpa de cupuaçu.....	67
4.4.2 Características microbiológicas da polpa de cupuaçu.....	69
4.5 Néctar de cupuaçu - experimentos.....	72
5. CONCLUSÕES.....	74
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
ANEXOS	86

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Dados da produção de cupuaçu nos Estados da Região Norte.....	7
FIGURA 2 - Representação esquemática dos principais produtos e sub-produtos oriundos do processamento industrial do cupuaçu.....	9
FIGURA 3 - Ilustração do efeito de barreiras, utilizando oito exemplos.....	20
FIGURA 4 - Isotermas de sorção em alimentos.....	24
FIGURA 5 - Fluxograma de conservação da polpa de cupuaçu por processamento mínimo/métodos combinados com emprego da tecnologia de obstáculos.....	39
FIGURA 6 - Efeito da adição de sacarose na A_w da polpa de cupuaçu.....	47
FIGURA 7 - Efeito da adição de ácido cítrico no pH da polpa de cupuaçu.....	48
FIGURA 8 - Efeito da adição de ácido cítrico na acidez (ATT%) da polpa de cupuaçu.....	50
FIGURA 9 - Efeito da adição de sacarose no teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) da polpa de cupuaçu.....	51
FIGURA 10 - Valores de bolores e leveduras e contagem padrão da polpa de cupuaçu armazenadas por sete dias à temperatura ambiente.....	52
FIGURA 11 - Valores de L^* na armazenagem da polpa de cupuaçu com diferentes níveis de A_w e sem adição de SO_2	54
FIGURA 12 - Valores de L^* na armazenagem da polpa de cupuaçu com diferentes níveis de A_w e com adição de 200ppm de SO_2	55
FIGURA 13- Valores de L^* na armazenagem da polpa de cupuaçu com diferentes níveis de A_w e com adição de 400ppm de SO_2	55
FIGURA 14 - Efeito da adição de ácido cítrico na acidez da polpa	

de cupuaçu.....	58
FIGURA 15 - Efeito da adição de ácido cítrico no pH da polpa de cupuaçu.....	58
FIGURA 16 - Efeito do branqueamento na cor da polpa de cupuaçu.....	60
FIGURA 17 - Efeito do branqueamento nos sólidos solúveis da polpa de cupuaçu.....	61
FIGURA 18 - Efeito do branqueamento na acidez total titulável da polpa de cupuaçu.....	62
FIGURA 19 - Efeito do branqueamento na atividade de água da polpa de cupuaçu.....	63
FIGURA 20- Valores de cor (L^*) da polpa de cupuaçu durante o tempo de armazenagem à temperatura ambiente.....	64
FIGURA 21 - Valores de SO_2 da polpa de cupuaçu durante o tempo de armazenagem à temperatura ambiente.....	65

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Valor nutricional de 100g de polpa de cupuaçu	5
TABELA 2 - Valor nutricional das sementes de cupuaçu (%) com base na matéria seca.....	6
TABELA 3 - Algumas limitações dos métodos tradicionais de preservação dos alimentos baseados em um tipo de obstáculo.....	11
TABELA 4 - Comparação de três sistemas de preservação com referência a algumas características finais do processamento de produtos e processos.....	15
TABELA 5 - Novas tecnologias de preservação de frutos por métodos combinados desenvolvidos no programa CYTED.....	17
TABELA 6 - Valores da constante K de NORRISH(1966) para alguns açúcares.....	26
TABELA 7 - Valores mínimos de Aw para a multiplicação de microrganismos associados a alimentos.....	28
TABELA 8 - Valores de pH de algumas frutas tropicais e subtropicais.....	31
TABELA 9 - Atividade de água mínima e pH para o crescimento de bactérias em produtos de frutas.....	32
TABELA 10 - Principais barreiras utilizadas na tecnologia de produtos de fruta de alta umidade (PFAU).....	35
TABELA 11 - Aplicações de sulfito e níveis de utilização.....	36
TABELA 12-Avaliação microbiológica da polpa de cupuaçu utilizada nos experimentos.....	45
TABELA 13 -Avaliação físico-química da polpa de cupuaçu utilizada nos experimentos.....	45
TABELA 14 - Caracterização físico-química da polpa de cupuaçu utilizada nos experimentos.....	46
TABELA 15 - Influência do ácido cítrico no pH da polpa de cupuaçu conservada por métodos combinados.....	49
TABELA 16 - Valores de ATT(%) da polpa para as diferentes	

dosagens de ácido cítrico adicionadas.....	49
TABELA -17- Características físico-químicas da polpa de cupuaçu após ajuste da A_w e $pH=3,0$ empregados como obstáculos para conservação da polpa.....	50
TABELA -18 - Valores de °Brix da polpa de cupuaçu em relação às concentrações de sacarose adicionadas.....	51
TABELA 19 -. Valores de L durante a armazenagem da polpa de cupuaçu com diferentes níveis de atividade de água e concentrações de SO_2	53
TABELA 20 -. Efeito da atividade de água no decaimento de SO_2 em polpa de cupuaçu com os níveis de A_w , com 400 ppm de SO_2 inicial, mantida a temperatura ambiente ($25^\circ C$).....	56
TABELA 21 - Efeito do branqueamento na cor das polpas de cupuaçu nos diferentes tempos de exposição (0,1 e 2 min).....	57
TABELA 22 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,98$ (<i>in natura</i>) conservada por métodos combinados	57
TABELA 23 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,98$ (<i>in natura</i>) conservada por métodos combinados.....	67
TABELA 24 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,97$ (com 22,5% de sacarose) conservada por métodos combinados	68
TABELA 25 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,95$ (com 34% de sacarose) conservada por métodos combinados	68
TABELA 26 - Resultados microbiológicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,98$ (<i>in natura</i>) conservada por métodos combinados	70
TABELA 27 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,97$ (com 22,5% de sacarose) conservada por métodos combinados	70
TABELA 28 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da	

polpa de cupuaçu com $A_w=0,95$ (com 34% de sacarose) conservada por métodos combinados	71
TABELA 29 - Resultados das características de pH, acidez, brix e cor(L^*) dos néctares de cupuaçu obtidos da polpa conservada por métodos combinados	73

LISTA DE TABELAS DO ANEXO

TABELA 1A -Quadrados médios das análises de variância para as características de pH e acidez (ATT) apresentadas das três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes A_w ($A_w=0,98$; $0,97$ e $0,95$) submetidas ao tratamento com ácido cítrico (ác.cítrico).....	87
TABELA 2A - Quadrados médios das análises de variância para as características de cor, sólidos solúveis, acidez e atividade de água apresentadas das três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes A_w ($A_w=0,98,0,97$ e $0,95$) submetidas ao tratamento térmico(branqueamento).....	88
TABELA 3A - Quadrados médios das análises de variância para as características de cor, sólidos solúveis, acidez e atividade de água apresentadas das três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes A_w ($A_w=0,98,0,97$ e $0,95$) submetidas ao tratamento térmico(branqueamento).....	89
TABELA 4A - Quadrados médios das análises de variância para as características de cor, sólidos solúveis, pH e acidez apresentados pelas três amostras de néctares de cupuaçu com diferentes A_w ($A_w=0,98,0,97$ e $0,95$) obtidos da polpa conservada por métodos combinados.....	90
TABELA 5A - Quadrados médios das análises de variância para as características de acidez (ATT), pH, atividade de água (A_w), sólidos solúveis (SST), SO_2 , açúcares totais (AST), açúcares redutores (ART) e cor apresentados pelas três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes A_w ($A_w=0,98$; $0,97$ e $0,95$) conservadas por métodos combinados.....	91

1 INTRODUÇÃO

Os frutos, juntamente com as hortaliças, representam 50% do consumo brasileiro de alimentos. A fruticultura destaca-se como um dos segmentos mais importantes da agricultura brasileira, respondendo por cerca de 25% do valor da produção agrícola nacional. (REINHARD,1996).

Neste contexto, o Norte brasileiro apresenta-se como um mercado promissor, dadas as condições climáticas favoráveis a fruticultura e a ampla diversidade de frutíferas nativas de valor econômico e social.

CHAAR (1980), relata que dentre as frutas tropicais nativas da Amazônia, o cupuaçu é aquela que reúne as melhores condições de aproveitamento industrial. Segundo VENTURIERI (1993), a polpa é a parte mais freqüentemente utilizada no preparo doméstico de sucos, sorvetes, tortas, licores, compotas, geléias e biscoitos. Industrialmente é empregado na fabricação de sorvetes, iogurtes e compotas.

No entanto, uma limitada quantidade da produção total de frutos tropicais e sub-tropicais tem sido aproveitada industrialmente nos países em desenvolvimento para o consumo local ou mercado externo. As perdas de frutos em muitos países iberoamericanos variam entre 10 e 40% devido a falta de facilidades para a sua preservação "*in situ*". (FONDERFRU,1986).

A alta perecibilidade juntamente com a falta de facilidade na armazenagem durante os picos do processamento industrial contribuem para esta perda física. Deste modo, há uma grande expectativa para desenvolvimento de processos para preservação local (junto ao produtor) de frutas e hortaliças por métodos combinados (ALZAMORA *et al.*, 1992).

De acordo com CHIRIFE *et al.*(1979) preservação por métodos combinados consiste basicamente na combinação adequada de vários parâmetros ou barreiras, como uma leve redução na atividade de água (A_w), decréscimo de pH, adição simples/combinada de agentes antimicrobianos, moderado tratamento térmico(branqueamento), etc.

Segundo AGUILLERA & PARADA (1992), a produção de alimentos com umidade intermediária/métodos combinados apresentam os seguintes aspectos em seu favor. A extensão da vida de prateleira de alimentos à temperatura ambiente é um problema tecnológico para países em desenvolvimento; alimentos com umidade intermediária/ métodos combinados são tecnologias alternativas (apropriadas) aos métodos de preservação mais sofisticados e onerosos; eles são relativamente simples e fácil de adaptar em diferentes escalas industriais.

O objetivo do presente trabalho foi estudar os processos de conservação da polpa de cupuaçu processada por métodos combinados tendo como obstáculos principais a atividade de água, pH, tratamento térmico e conservantes. Esta é uma opção para a conservação da polpa "*in situ*" e a baixo custo, criando uma alternativa para o aproveitamento do excedente de produção bem como para redução das perdas pós-colheita.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origem e distribuição

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*), também conhecido por cupu (do Estado do Pará ao Acre); pupu, pupuaçu (Estado do Maranhão até à Bahia); cacau cupuaçu (Bahia); cupuazur (região de Iquitos, no Peru), bacau (Colômbia), cacau blanco, pastate (México, Costa Rica, Panamá); patashte, cupuassu (Inglaterra); patas (Equador); lupo (Suriname).

O nome cupuaçu vem da língua Tupi (Kupu = que parece com o cacau + uasu = grande). Em outras línguas indígenas é chamado de win-cheék-chóo-ai (Puinave); bawk-pom (Macu); maga (Barasana); ñee-aw (Tanimura) e ba-dja-na-hoo (Macuna) (CUATRECASAS,1964; CUNHA,1978; CAVALCANTE,1988 e CLEMENT & VENTURIERI,1990).

O cupuaçu é uma espécie nativa do Estado do Pará, onde pode ainda ser encontrado em estado silvestre, na mata virgem alta, de várias localidades deste Estado. É freqüentemente cultivado em quase toda a Amazônia, principalmente na parte sul e sudeste do Pará e no noroeste do Maranhão (CAVALCANTE, 1991).

Além do Brasil, encontra-se ocasionalmente o cultivo de cupuaçu em outros países, como: Equador, Costa Rica, Venezuela e Colômbia. A espécie é também denominada de copoasú, cupuasú, cacao blanco nos países de língua espanhola e pupu e pupuaçu em países de língua portuguesa (VILLACHICA,1996a).

A distribuição espontânea desta espécie inclui áreas de terras firmes e de "várzeas" altas, particularmente nas regiões do rio Itapecuru médio, rio Tocantins baixo, rio Xingu baixo, áreas de bosques próximos a dos rios Turiaçu e Pindaré e em bosques virgens baixo entre Altamira e Itaituba e no rio Anapú alto (VILLACHICA,1996a).

2.2 Taxonomia

O cupuaçuzeiro é pertencente ao gênero *Theobroma* e família Sterculiaceae. Segundo PURSEGLOVE(1968) esta família possui cerca de 50 gêneros e 750 espécies de árvores e arbustos, raramente ervas, todas predominantemente tropicais. Este gênero é considerado o mais importante economicamente, por ter como um de seus membros, o cacau (*Theobroma.cacao*).

Existem 22 espécies do gênero *Theobroma* que estão restritas à América Tropical (CUATRECASAS, 1964). Destas, 9 são encontradas na Amazônia brasileira: *T.cacao*, *T.camargoanum*, *T.bicolor*, *T.grandiflorum*, *T.microcarpum*, *T.obovatum*, *T.speciosum*, *T.subincanum*, *T.sylvestre*. Todas produzem frutos comestíveis e pelo menos das cinco primeiras espécies pode-se fazer chocolate (LECOINTE,1934; PESCE,1941; DUCKE,1953; CALZAVARA *et al.*,1984; VENTURIERI & AGUIAR,1988, NAZARÉ *et al.*,1990).

É uma árvore da floresta tropical úmida, onde ocorre normalmente como um componente do extrato intermediário, chegando a atingir o dossel superior, porém não o ultrapassando. No estado silvestre, chega com frequência a 20m de altura e 45 cm de diâmetro do caule à altura do peito. Nos indivíduos cultivados, o porte varia de 6 a 8 m, com a copa em andares chegando a atingir 7m de diâmetro (VENTURIERI *et al.*,1985).

O fruto é uma baga capsulácea de 12 a 25 cm de comprimento e 10 a 12 cm de diâmetro, pesando em média 1.200g. O epicarpo é lenhoso, coberto por um indumento ferrugíneo, que quando raspado, expõe outra camada clorofilada; o mesocarpo é esponjoso, pouco resistente e levemente mais rijo que o endocarpo, que é macio, fino e claro, limitado internamente por uma película.

As sementes, em média 36 por fruto, com aproximadamente 2,5 cm de largura x 0,9 cm de espessura, são superpostas em cinco colunas em torno de um eixo central, vulgarmente chamado de talo. Cada uma das sementes é envolvida por uma abundante polpa branco-amarelada de sabor ácido e cheiro agradável (ADDISON & TAVARES, 1951; CUATRECASAS,1964; CORRÊA, 1969; GUERRA,1986; CAVALCANTE,1988 e VENTURIERI,1992).

2.3 Características químicas e físico-químicas

O rendimento em polpa varia de acordo com o tamanho do fruto, genótipo, local de produção e período de colheita. Em média, os frutos apresentam 43% de casca, 38% de polpa, 17% de sementes e 2% de placenta. As características da polpa, que é a parte do fruto de maior valor econômico se apresenta conforme o Tabela 1.

TABELA 1 - Valor nutricional de 100g de polpa de cupuaçu.

Componente	Unidade	Valor
Acidez	g	2,15
°Brix		10,80
pH		3,30
Umidade	g	89,00
Aminoácidos	mg	21,90
Extrato etéreo	g	0,53
Cinzas	g	0,67
Sólidos solúveis	g	11,00
Açúcares redutores	g	3,00
Pectina	mg	390,00
Fósforo	mg	310,00
Cálcio	mg	40,00
Vitamina C	mg	23,10

FONTE: VILLACHICA(1996).

A acidez natural da polpa, assim como o elevado nível de pectina, são características importantes que favorecem a fabricação de néctares, gelatinas, compotas e doces. Esta alta acidez natural possibilita, também a conservação do néctar por maior tempo durante o armazenamento.(BARBOSA et al., 1978 e CHAAR, 1980).

Segundo os mesmos autores, a polpa é bastante pobre como fonte de proteína e de gordura, apresentando valores de 1,92 e 1,48%, respectivamente. O valor nutricional das sementes se apresenta na Tabela 2.

TABELA 2 - Valor nutricional das sementes de cupuaçu(% com base na matéria seca).

Componente	Valor
Proteínas	20,0
Gorduras	50,8
Carboidratos	15,9
Fibras	9,6
Cinzas	3,7

FONTE: VILLACHICA (1996).

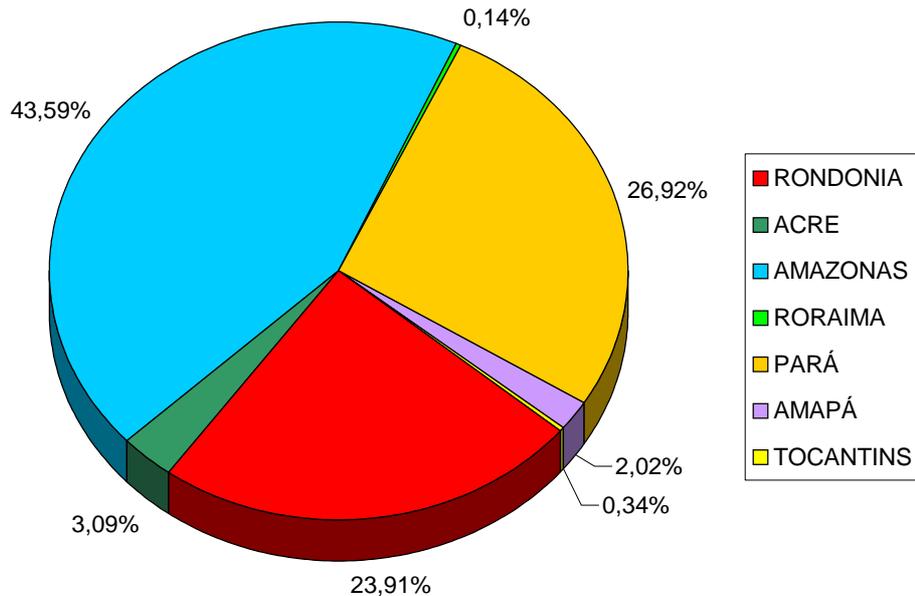
Os ácidos esteárico, oléico, araquídico e linolénico são os principais constituintes das gorduras das sementes. (VILLACHICA ,1996).

2.4 Aspectos de produção e comercialização

O maior produtor de cupuaçu é o Estado do Pará, seguido do Amazonas, Rondônia e Acre. Além de maior produtor, com 1.800 toneladas de polpa em 1995, o Pará tem significativa produção oriunda de ocorrências nativas da espécie, concentradas nas suas regiões sul e sudeste, com destaque para o município de Marabá - a espécie também ocorre espontaneamente na pré-Amazônia maranhense. (CHAAR,1980).

No Amapá, a espécie está distribuída por todo o estado, com estimativa de 195 hectares ocupados pela cultura e produção de 203 toneladas de polpa/ano (dados de 1996). Em Roraima, a produção é pequena, e realizada por pequenos produtores.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE,1996), a produção de cupuaçu no Brasil foi de 18,446 mil toneladas, em 1996, sendo a Região Norte a maior produtora detendo cerca de 18,311 mil toneladas ou 99,26% da produção nacional do fruto. O gráfico da Figura 1 ilustra a distribuição da produção na Região Norte, conforme dados do IBGE (1996).



FONTE: IBGE (1996).

FIGURA 1 – Dados da produção de cupuaçu nos Estados da Região Norte.

Em Mato Grosso, predominam os pequenos cultivos, com reduzida área plantada no estado, e os principais plantios estão nas regiões de Alta floresta e Guarantã do Norte. No Maranhão, a região tocantina é a principal produtora, não havendo informações sobre a área plantada e produção no estado. Tocantins possui muitos plantios de cupuaçu, e o mercado de Palmas é abastecido pelo Pará.

A demanda pelo cupuaçu é cada vez maior, em função do sabor agradável da polpa do fruto e da sua rentabilidade como cultura perene. A facilidade de industrialização dos frutos e sementes vem despertando acentuado interesse, não só no mercado regional, como também do nacional e até internacional.

Levantamentos indicam que Belém possui uma demanda atual de 264 toneladas/ano e potencial em torno de mais de 400 toneladas anuais. Os

empreendimentos que podem ser desenvolvidos: plantio comercial para produção de frutos e agroindústrias de pequeno porte para beneficiamento e industrialização da polpa e sementes.

A exploração dessa espécie é semi-extrativista, porém observa-se um grande interesse para o plantio racional, devido às boas perspectivas de industrialização e comercialização (MULLER *et al.*, 1995).

2.5 Industrialização

A polpa de cupuaçu é consumida na forma de suco, refresco, creme, doces diversos, balas recheadas, iogurtes, compotas, licores, sorvetes e recheio para chocolates (MULLER *et al.*, 1995; VILLACHICA, 1996a).

BARBOSA *et al.*, (1978) e CHAAR (1980) utilizaram a polpa de cupuaçu para a elaboração de um néctar e, demonstraram que a acidez natural da polpa permite a suficiente manutenção da qualidade do produto durante o seu armazenamento.

A polpa de cupuaçu parece ser viável também na fabricação de iogurtes, no qual se pode adicionar uma calda com o sabor da fruta ao produto (HUHN *et al.*, 1981).

As sementes do fruto podem ser aproveitadas na fabricação de chocolate VENTURIERI & AGUIAR (1988) estudaram a composição centesimal do chocolate caseiro de cupuaçu, conhecido como "cupulate". O produto obtido tem o aspecto similar ao de um chocolate caseiro feito com o cacau.

Segundo BERBERT (1981), a gordura de cupuaçu quando comparada com a de cacau, apresenta maior maciez. Esta característica destaca a gordura de cupuaçu como excelente potencial industrial no preparo de margarinas e de cosméticos.

Em Manaus, tem sido comercializado cremes e sabonetes para a pele, cuja base é feita com a gordura de sementes de cupuaçu.

As cascas dos frutos tem grande utilidade como adubo, sendo muito ricas em potássio (SILVA & SILVA,1986).

A Figura 2 mostra a grande variedade de produtos que podem ser obtidos a partir do cupuaçu.

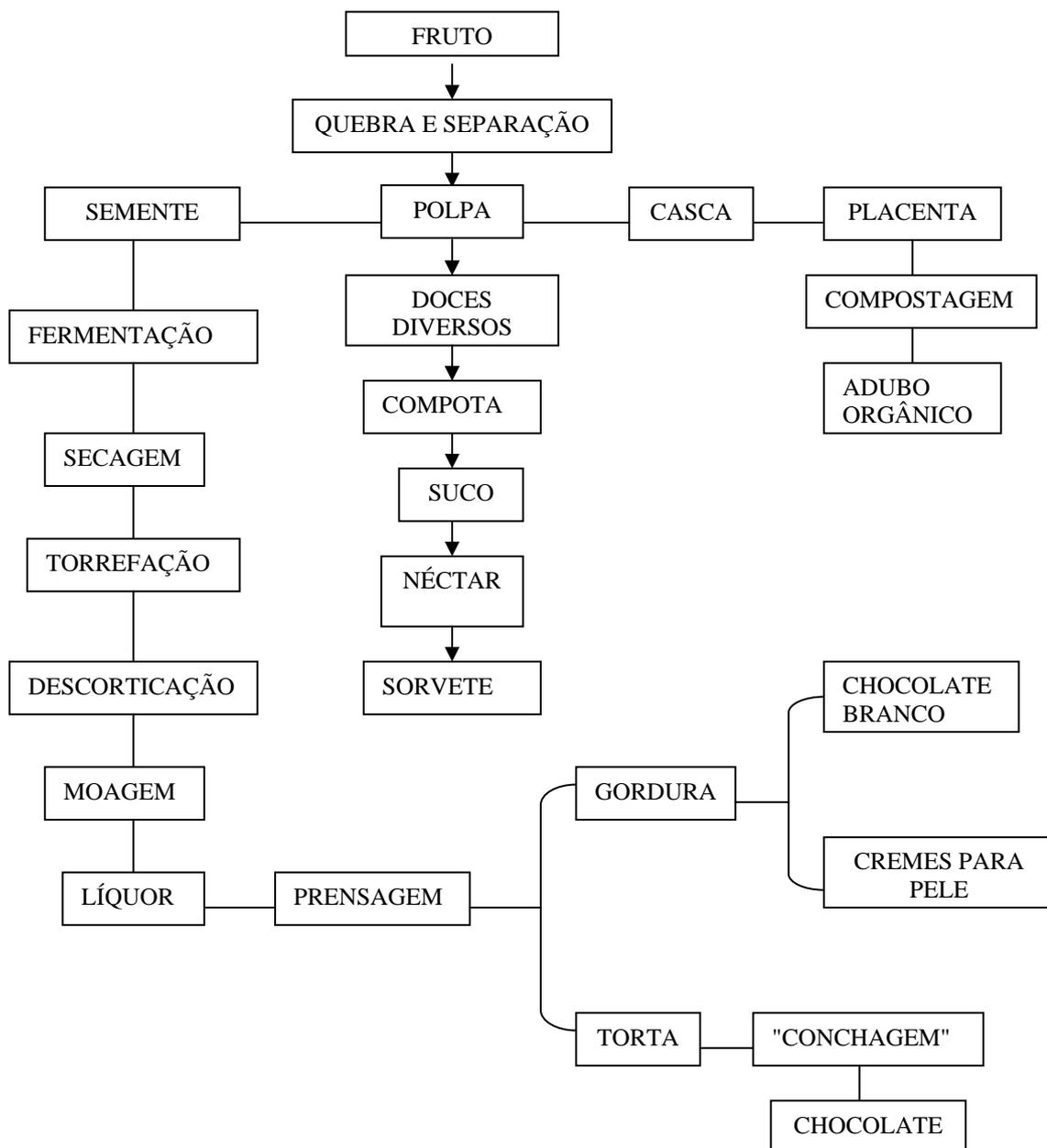


FIGURA 2 - Representação esquemática dos principais produtos e sub-produtos oriundos do processamento industrial do cupuaçu, segundo VENTURIERI (1993).

2.6 Conservação de alimentos por métodos combinados

2.6.1 Aspectos gerais

A preservação de alimentos pelo uso dos métodos combinados está fundamentada na utilização de parâmetros combinados (obstáculos) que podem agir de maneira sinérgica para inibir ou retardar o crescimento microbiano resultando em produtos estáveis à temperatura ambiente (FOX & LONCIN, 1982; CHIRIFE & FAVETO, 1992).

Segundo LEISTNER (1992), a preservação dos alimentos baseada na tecnologia de métodos combinados é utilizada para promover a melhoria dos produtos tradicionais bem como desenvolver novos produtos; assegurando estabilidade e segurança apesar do tratamento brando e resultando em produtos com altas propriedades sensoriais e nutricionais.

Os alimentos mantêm sua estabilidade e segurança na medida em que há uma diminuição da atividade de água dos produtos. Os métodos mais utilizados para a diminuição da atividade de água são a secagem, adição de açúcar, sal ou poliois e congelamento. A atividade de água dos alimentos tem influência direta na multiplicação, atividade metabólica, resistência e sobrevivência dos microrganismos presentes (LEISTNER *et al.*, 1981).

De acordo com VEGA-MERCADO *et al.*(1994), o processamento de alimentos por métodos combinados não se restringe só a estender a vida de prateleira dos produtos do ponto de vista microbiológico, mas sobretudo estabilizar outros fatores tais como: reações de degradação de natureza enzimática, não enzimática e de oxidação de lipídios, bem como mudanças organolépticas e de textura.

A incorporação de solutos, geralmente açúcares ou sais, para o ajuste da atividade de água, ácidos orgânicos para baixar o pH e agentes bactericidas e/ou fungicidas é o principal mecanismo para a preservação de alimentos por métodos combinados. A umidade dos produtos assim processados variam de 65 a 85% com

uma atividade de água de 0,93 a 0,97 (ALZAMORA *et al.*, 1989; ARGALIZ *et al.*, 1991).

Segundo CHIRIFE (1993), os alimentos tradicionais, em sua maioria, são preservados pela diminuição da atividade de água. Muitas vezes, se utilizam condições severas como: alto teor de açúcar, sal, alta temperatura, alta acidez e secagem exagerada e, encontram-se, por vezes, em faixa de atividade de água relativamente baixa. A utilização destas condições, em alguns casos, pode levar ao aparecimento de mudanças drásticas irreversíveis nos constituintes e estrutura do material, o que resulta em um alimento cujas características físicas e sensoriais não são muito aceitáveis pelo consumidor. A Tabela 3 mostra algumas limitações dos métodos convencionais de preservação dos alimentos.

TABELA 3 - Algumas limitações dos métodos tradicionais de preservação dos alimentos baseados em um tipo de obstáculo, segundo CHIRIFE (1993).

Método	Obstáculo	Limitações
Secagem	Aa	Perda de sabor, formato, cor e textura pobre. Vagarosa/incompleta reidratação.
Liofilização	Aw	Custos.
Enlatamento	Inativação térmica	Perda de qualidade, custo da embalagem e energia
Salga	Aw	Alto conteúdo de sal e textura pobre (carnes)
Acidificação (natural/artificial)	pH	Mudança de sabor devido à alta acidez
Conservadores	Ação anti-microbiana	Problemas de origem legal e de saúde pública
Refrigeração/ Congelamento	Baixa temperatura (congelamento + Aa)	Custo de energia, ausência de cadeia de frio

Com o intuito de minimizar estas mudanças, tem sido desenvolvidos processos de tratamento mais brandos que produzem alimentos com atividade de água mais elevada e implicam na combinação de outros fatores para prevenção do desenvolvimento microbiológico. Tem-se assim, produtos desenvolvidos baseados na aplicação de métodos combinados: os Alimentos de Umidade Intermediária (A.U.I) e os Alimentos Auto Estáveis (A.A.E) ou prontos para o consumo (TORREZAN *et al.*, 1997).

CHIRIFE & FAVETTO (1992), definem os Alimentos de Umidade Intermediária (A.U.I) como aqueles que apresentam um conteúdo de umidade maior do que os alimentos desidratados e não necessitam de rehidratação para serem consumidos. Os Alimentos de Umidade Intermediária são elaborados para serem estáveis sem refrigeração. Em geral, a atividade de água está na faixa de 0,60-0,85, onde o limite superior ($A_w = 0,85$) corresponde ao valor necessário para inibir o crescimento de *Staphylococcus aureus* a 37°C.

Segundo MULTON (1981), citado por TAOUKIS *et al.*(1988) os Alimentos de Umidade Intermediária (A.U.I), são definidos como alimentos de textura suave, submetidos a um ou mais tratamentos tecnológicos, consumidos diretamente, não necessita de esterilização, refrigeração ou congelamento, utilizando o ajuste adequado de sua formulação em relação a sua composição, aditivos, pH, etc e mantendo a faixa de A_w entre 0,60-0,84 a 25°C, apresentando uma vida-de-prateleira de vários meses e um teor de umidade de 20 a 50%, de acordo com MONSALVEZ-GONZALEZ *et al.*,(1993).

Os Alimentos Autoestáveis (A.A.E) são uma extensão dos alimentos de umidade intermediária, entretanto apresentam uma particularidade de possuírem uma faixa de atividade de água distinta de (0,90-0,97) e umidade entre 65-85% (ALZAMORA *et al.*, 1989; ARGALIZ *et al.*, 1991).

Segundo LEISTNER (1992) os produtos Autoestáveis possuem as seguintes vantagens: são submetidos a um tratamento térmico brando (70-110°C) que proporciona a melhoria de suas propriedades sensoriais e nutricionais, não necessitam de refrigeração, o que economiza energia e simplifica a distribuição, o risco de recontaminação após aquecimento é evitado devido serem processados em

embalagens seladas. Os Alimentos Autoestáveis ainda contêm esporos de bactérias viáveis, mas o crescimento dos sobreviventes Bacilos e Clostrídios é inibido pelo suficiente decréscimo de A_w , pH e potencial de óxido-redução (Eh).

O mesmo autor estabelece algumas definições para distinguir os alimentos Autoestáveis entre quatro tipos: F-A.A.E, A_w -A.A.E, pH-A.A.E e Combi-A.A.E; obstáculos menores ainda são ativos nestes produtos. A estabilidade dos F-A.A.E deve-se a inativação ou dano letal dos esporos bacterianos, a estabilidade dos A_w -A.A.E é assegurada pela redução da atividade de água, para os pH-A.A.E o aumento da acidez é o principal obstáculo, e por último os Combi-A.A.E, onde uma série de obstáculos garante a preservação do alimento.

O conceito de Alimentos Autoestáveis é aplicado principalmente em produtos cárnicos, mas pode ser utilizado em outros tipos de alimentos (LEISTNER, 1992).

2.6.2 Métodos combinados para conservação de frutos

O potencial de mercado para produtos de frutos preservados pelo método de obstáculos é muito promissor, devido a maior retenção de textura e sabor, quando comparados aos produtos desidratados que perdem muito de suas propriedades originais (JAYARAMAN, 1988).

Segundo JARDIM (1996) muitas são as vantagens da preservação de frutos por métodos combinados, dentre estas estão: a redução mínima de atividade de água, a utilização destes produtos durante a entressafra, uso de conservantes químicos em quantidades mínimas e o armazenamento a granel de frutos e hortaliças.

A formulação de produtos de frutas de umidade intermediária (PFUI) têm sido um exemplo de preservação microbiológica onde se utiliza o efeito de barreiras, em que esta alternativa tecnológica tem se aplicado à preservação de alguns frutos tropicais e subtropicais na Índia e outros países asiáticos. A estabilidade destes produtos (PFUI) fundamenta-se principalmente, na redução da atividade de água até valores compreendidos na faixa de 0,60-0,90 para prevenir a deterioração bacteriana, na adição de conservantes para prevenir a deterioração por mofo e

leveduras, bem como a deterioração química. A utilização da tecnologia dos AUI para frutos pode ser limitada no aspecto sensorial, uma vez que, nestes alimentos são altas as concentrações de soluto ou o alto grau de secagem requerido para reduzir a atividade de água e assegurar um produto seguro microbiologicamente (ALZAMORA *et al.*,1993).

Segundo ALZAMORA *et al.*,(1989), SAJUR (1985) e ARGAIZ *et al.* ,(1991) uma outra alternativa aos PFUI, são os produtos de fruta de alta umidade ($A_w > 0,92$). Nestes produtos, o principal obstáculo utilizado para garantir estabilidade é a combinação dos parâmetros tais como tratamento térmico brando, mínima redução do pH e adição de preservativos químicos permitidos, originando produtos com vida-de-prateleira estável preservando suas características originais (ALZAMORA *et al.*,1993). A Tabela 4 mostra o grupo de produtos de fruta de alta umidade (PFAU) e faz uma comparação em relação aos alimentos processados minimamente e refrigerado e os produtos de umidade intermediária. As diferentes classes de alimentos com níveis de atividade de água é mostrado e a aplicação de fatores de preservação durante sua conservação.

TABELA 4 - Comparação de três sistemas de preservação com referência a algumas características finais do processamento de produtos e processos.

Tecnologia de Processamento do fruto	Produtos de Fruta de umidade intermediária (PFUI)	Processamento mínimo refrigerado de fruta (PMRF)	Processamento mínimo de produtos de fruta de alta umidade(PFAU)
Aw	0,75-0,92	0,97-0,99	0,93-0,98
Qualidade geral	Pouco modificada ou modificada	Gosto fresco	Gosto fresco ou pouca modificação
Estabilidade	Usualmente estável à temperatura ambiente	Requer refrigeração	Estável à temperatura ambiente
Adição de conservantes	Sulfitos, ácido sórbico, cítrico, benzóico e ascórbico.	Pode incluir alguns, como por exemplo ácido ascórbico.	Sulfitos, ácidos sórbico, cítrico, bezóico e ascórbico.
Processamento	Descasque, descaroçamento, corte em pedaços, mergulho em soluções com preservativos, desidratação	Descasque, descaroçamento, corte em pedaços, mergulho em soluções com preservativos, desidratação	Descasque, descaroçamento, corte em pedaços, mergulho em soluções com preservativos, desidratação
Branqueamento	Geralmente requerido	Pode ser usado, mas ainda excluído da maioria das descrições	Geralmente aplicado
Embalagem	Requerida	Requerida (AM/AC podem ser usadas)	

AM - Atmosfera modificada; AC - Atmosfera controlada.

FONTE: TAPIA de DAZA *et al.*, (1996).

ALZAMORA *et al.*,(1989) estudaram sobre a aplicação da tecnologia de obstáculos em frutos processados minimamente e descrevem dez produtos de fruta que foram desenvolvidos através do Programa CYTED (Ciência e Tecnologia para o Desenvolvimento, V Centenário de Descoberta das Américas) aplicando um conjunto de obstáculos: tratamento térmico brando (branqueamento), pequena redução de $A_w(0,92-0,97)$, redução de pH e a adição de conservantes (benzoato de sódio, sorbato de potássio e sulfitos). Estes produtos se apresentavam em pedaços ou metades de frutas (pêssegos, manga, mamão e abacaxi) e purês (manga e banana) e eram estáveis de 3 a 8 meses, a temperaturas de 25 a 35°C, de acordo com cada produto.

A Tabela 5 ilustra alguns frutos tropicais e subtropicais que foram preservados por métodos combinados pelo programa CYTED, relacionando o obstáculo e a estabilidade do produto.

TABELA 5 - Novas tecnologias de preservação de frutos por métodos combinados desenvolvidos no programa CYTED.

Frutos	Obstáculos	Temperatura de estocagem (°C)	Vida-de- prateleira (meses)
	Aw=0,97 (sacarose);		
Pêssegos (metades)	pH=3,7; SP=1000ppm;	35	3
	NaHSO ₃ = 150ppm	25	8
	Aw=0,94 (glicose);		
Pêssegos (metades)	pH=3,5; SP=1000ppm;	20	4
	NaHSO ₃ = 150ppm	30	4
	Aw=0,93 (sacarose);		
Manga (purê)	pH=3,6; BS=1480ppm;	30	6
	Na ₂ S ₂ O ₃ = 160ppm		
	Aw=0,97 (sacarose);		
Mamão (fatias)	pH=3,7; SP=1000ppm;	35	3
	NaHSO ₃ = 150ppm	25	8
	Aw=0,97 (sacarose);		
Abacaxi (fatias)	pH=3,8; BS=1000ppm;	35	3
	NaHSO ₃ = 150ppm	25	8
	Aw=0,92 (sacarose);		
Banana (purê)	pH=4,2; BS=1500ppm;	26	3
	SO ₂ = 300ppm		

(*) SP- Sorbato de potássio (**) BS -Benzoato de sódio

FONTE: ALZAMORA *et al.*, (1993).

TORREZAN(1996) estudou a conservação da polpa de goiaba por 120 dias, armazenada em temperatura de 25°C por meio da adição de várias substâncias: sacarose como depressor da atividade de água (46-54%), ácido cítrico para ajuste de pH (0-0,75%) e sorbato de potássio como agente antimicrobiano (0,05-0,010%).

LÓPEZ MALO *et al.* ,(1994) trabalhando com mamão em pedaços, conservou-os por 5 meses a uma temperatura de 25°C através de um tratamento térmico brando, diminuindo a atividade de água para 0,96 com a adição de sacarose, reduzindo o pH até 3,5 pelo uso de ácido cítrico e incorporando alguns conservantes como sorbato de potássio a 1500ppm e bissulfito de sódio a 165ppm.

GARCIA *et al.* ,(1998) desenvolveu um produto de manga em fatias e em cubinhos de umidade intermediária, no qual o fruto foi submetido a um tratamento térmico por 4 minutos e imerso em xarope de sacarose até atingir valores de $A_w=0,94$ e $0,96$, também foi adicionado algumas substâncias como ácido cítrico e/ou fosfórico para atingir um pH de 3,6, bissulfito de sódio até obtenção de concentrações de 0,45 e 90 ppm e sorbato de potássio até 100ppm. O produto foi armazenado por 14 dias em sacos de polietileno e ao final da pesquisa a estabilidade foi assegurada a manga em cubinhos com $A_w=0,96$,90ppm de bissulfito de sódio tanto para o produto com adição de ácido cítrico como ácido fosfórico.

2.6.3 Teoria de Obstáculos

Há muitos anos já se praticavam o princípio da redução da atividade de água para estender a vida-de-prateleira dos alimentos. Um exemplo desta possível prática de conservação está relatado no antigo Egito utilizado para a mumificação; onde se aplicava pelo menos três obstáculos, atividade de água reduzida, pH alcalino e o uso de conservantes (especiarias, plantas.(CHIRIFE *et al.*,1991).

A aplicação de métodos combinados para a preservação de alimentos não é um procedimento novo, sendo aplicado a bastante tempo pelo homem. A elaboração de alimentos de umidade intermediária tem sido um valioso procedimento para conservar os alimentos (SALGUERO 1994).

As primeiras práticas de preservação tiveram início com a secagem ao sol, aquecimento de carnes, cura; e mais adiante a utilização do sal, açúcar, etc (TAPIA *et al.*,1994). Muitas destas práticas têm se baseado na redução do conteúdo de água do alimento.

O primeiro passo para o desenvolvimento e avanço da tecnologia de alimentos de umidade intermediária foi elaborado nos Estados Unidos na formulação de rações para animais de estimação, que serviu de impulso ao desenvolvimento de vários tipos de produtos no mercado(HOLLAND,1986).

A tecnologia de obstáculos estabelece uma valiosa contribuição na elaboração de novos produtos alimentícios, de forma a atender o consumidor em suas necessidades, contribuindo para a redução de energia, uma vez que a técnica utiliza-se de obstáculos (A_w , pH ou Eh) que dispensa energia e assegura a estabilidade e segurança dos alimentos (LEISTNER 1978, citado por LEISTNER 1992).

A segurança e estabilidade dos alimentos, de um modo geral, não está baseada somente na atividade de água mas, numa série de fatores combinados e seus efeitos na conservação dos alimentos.

LEISTNER & GORRIS (1995), classificaram estes obstáculos em físicos, microbiológicos e variados, como a seguir :

Obstáculos físicos: alta temperatura, baixa temperatura, radiação ultravioleta, altas pressões, filmes de embalagens, acondicionamento em atmosfera modificada, acondicionamento asséptico e outros.

Obstáculos físico-químicos: baixa atividade de água, baixo pH, baixo potencial redox, sais, ácidos orgânicos, ácido ascórbico, sulfitos, defumação, produtos de reação de Maillard, condimentos e especiarias, enzimas e outros.

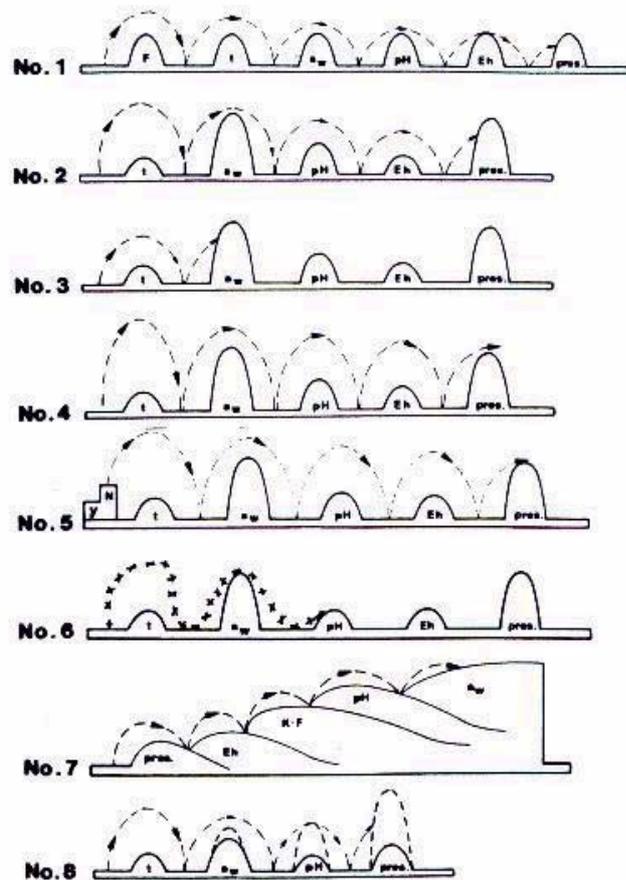
Obstáculos microbiológicos: flora competitiva, culturas protetivas, bacteriocinas e antibióticos.

Estes fatores juntos, parcialmente juntos ou separados, dependendo de suas intensidades podem promover a estabilidade microbiológica dos produtos alimentícios.

Em geral, os alimentos têm obstáculos específicos que diferem em intensidade e quantidade, assegurando a segurança e estabilidade. Estes

obstáculos atuam como barreiras de forma a impedir que os microrganismos possam se desenvolver e/ou produzir toxinas.

LEISTNER (1992) mostra de forma clara os efeitos dos obstáculos utilizando oito exemplos como mostrados na Figura 3.



FONTE: LEISTNER (1992)

FIGURA 3 - Ilustração do efeito de barreiras, utilizando oito exemplos. Sendo: F= tratamento térmico; t= baixa temperatura ou resfriamento; Aw= atividade de água; pH= acidificação; Eh= potencial redox; pres= conservantes; K-F= flora competitiva; V= vitaminas; N= nutrientes.

O exemplo 1 mostra o caso teórico em que todos os obstáculos têm a mesma intensidade, representando um alimento que contém seis obstáculos: tratamento térmico (F), baixa temperatura durante a estocagem(t), atividade de água(Aw), acidez (pH), potencial redox (Eh) e conservantes (pres). Neste caso o microrganismo presente não pode saltar todas estas barreiras, deste modo o alimento é microbiologicamente estável e seguro.

O exemplo 2 corresponde a uma situação mais realística onde os obstáculos possuem diferentes intensidades. Os principais obstáculos são Aw e os conservantes, enquanto que outros são menos importantes (pH, potencial redox e temperatura de estocagem). Esta série de obstáculos são suficientes para inibir os tipos usuais de microrganismos e a carga microbiana associada ao tipo de produto.

O exemplo 3 ilustra um caso de baixa contaminação inicial de microrganismos. Neste caso poucos obstáculos ou obstáculos de baixa intensidade são utilizados e ainda assim asseguram a estabilidade do produto.

O exemplo 4 mostra um caso de má condição de higiene na qual a contagem inicial de microrganismos é alta. Os obstáculos não podem impedir a deterioração do produto e ou envenenamento alimentar, uma vez que os microrganismos ultrapassam qualquer barreira imposta.

O exemplo 5 mostra o "efeito trampolim", no qual o alto teor de nutrientes e vitaminas presentes no alimento contribui para o desenvolvimento de microrganismos, obrigando os obstáculos a agirem mais intensamente para evitar esse crescimento.

O exemplo 6 apresenta o comportamento da injúria letal dos microrganismos em alimentos. Células vegetativas derivadas de esporos que sofreram danos subletais, ex: calor (tratamento térmico), não têm vitalidade e então obstáculos de baixa intensidade serão suficientes para promover a estabilidade do alimento.

O exemplo 7 mostra uma seqüência de obstáculos que se distingue em cinco diferentes barreiras e apresentam com maior e menor intensidade, em seqüência. Através desta série de obstáculos a estabilidade é alcançada como por

exemplo nas salsichas fermentadas e presuntos crus. De modo efetivo estes obstáculos podem inibir os microrganismos envenenadores de alimentos (*Salmonella ssp.*; *Listeria monocytogenes*; *Staphylococcus aureus*; *Clostridium botulinum*) bem como outras bactérias que podem causar danos. A atividade de água é o obstáculo mais importante na estabilidade de embutidos fermentados com longos períodos de cura.

O exemplo 8 exemplifica um importante fenômeno que merece particular atenção em alimentos preservados por métodos combinados, porque os obstáculos atuam sinergicamente garantindo a estabilidade dos produtos. Um efeito sinérgico é obtido se os mesmos têm diferentes alvos dentro da célula microbiana interferindo na homeostase em diversos aspectos. Isto pode afetar a multiplicação, esporulação e liberação de toxinas destes microrganismos. O emprego de diferentes obstáculos combinados, em condições brandas, pode ser de grande valia na estabilidade microbiológica dos produtos.

Alguns obstáculos como por exemplo os produtos da reação de Maillard influenciam na qualidade e segurança dos alimentos, devido as suas propriedades antimicrobianas e ao mesmo tempo melhoram o flavor do alimento. Os possíveis obstáculos dos alimentos podem influenciar na estabilidade e nas propriedades sensoriais, nutritivas, tecnológicas e econômicas de um produto. A qualidade global do produto pode ser afetada, de forma positiva ou negativa, dependendo da intensidade de aplicação de cada obstáculo. Para garantir a qualidade total é necessário um perfeito ajuste deste obstáculos para manter os alimentos na faixa ideal e assegurar sua segurança (LEISTNER,1997).

2.7 Principais obstáculos utilizados na tecnologia de métodos combinados

2.7.1 Atividade de água

O conceito de atividade de água (A_w) foi estabelecido por SCOTT em 1957 e é definida por alguns autores como a relação entre a pressão de vapor da água em equilíbrio sobre o alimento (P_w) e a pressão de vapor de água pura (P_w°), a

uma mesma temperatura(KAPLOW,1970; BONE,1973; ROSS,1975; LABUZA,1977; ROCKLAND & NISHI,1980; TROLLER,1980). A atividade de água é uma medida indireta da água que está disponível em um alimento para ser utilizada em diferentes reações deteriorativas e no crescimento microbiano.

$$A_w = P_w/P_w^\circ$$

Segundo LEUNE(1986) a atividade de água (A_w) é um fator chave no desenvolvimento microbiano, produção de toxina e reações enzimáticas e não enzimáticas. A atividade de água estabelece o grau de ligação da água contida no alimento e conseqüentemente sua disponibilidade para agir como solvente e participar das transformações químicas, bioquímicas e microbiológicas (LABUZA,1977)

O conteúdo de umidade de um alimento pode ser um fator indicativo da sua tendência à deterioração, entretanto, deve-se ressaltar que existem alimentos com o mesmo teor de umidade mas apresentam diferenças quanto à sua estabilidade, por isso que o conteúdo de umidade não é suficiente para indicar quão perecível é o alimento, não levando em consideração às interações da água com outros componentes do alimento (WELTI & VERGARA,1994).

A atividade de água está relacionada com a umidade relativa do meio ambiente que rodeia o alimento e apresenta estreita ligação com o conteúdo de umidade de um alimento por meio de uma isoterma de sorção.

Na Figura 4 observa-se uma isoterma de sorção típica de produtos alimentícios, ilustrando três zonas de atividade de água. Cada uma destas zonas mostra as diferentes interações da água com os componentes no meio aquoso.

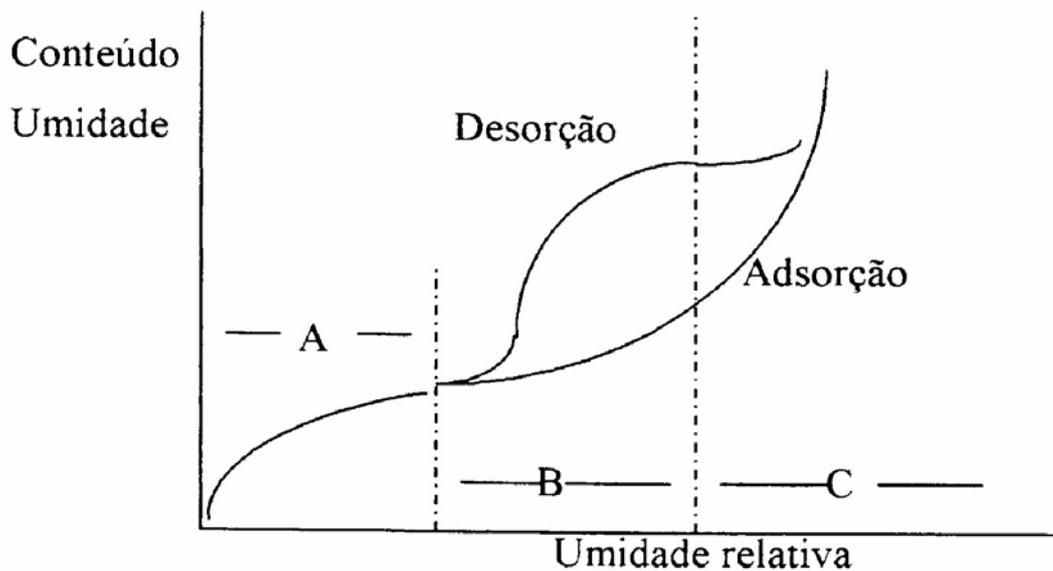


FIGURA 4 - Isotermas de sorção em alimentos, segundo WELTI & VERGARA, (1994).

Para uma solução ideal, a A_w pode ser descrita pela Lei de Raoult, isto é, quando um soluto é dissolvido em água, por causa da competição pelas moléculas deste solvente, a pressão relativa de vapor de água é obtida pela reação entre o número de moles de água e a soma dos moles de água e soluto (WELTI & VERGARA, 1994).

$$P_i = X_i P_i^\circ$$

Sendo X_i a fração molar do componente i .

Sendo i : N° de moles da água / N° de moles da água + N° de moles do soluto

Para as soluções não ideais, as interações entre as moléculas presentes bem como a dissolução do soluto causam um desvio considerável no valor da atividade de água calculada pela Lei de Raoult. A medida deste valor baseia-se no fato de que a pressão do vapor de água sobre um alimento após atingir o equilíbrio a uma certa temperatura, corresponde a porcentagem de umidade relativa de equilíbrio do alimento (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A umidade relativa de equilíbrio é 100 vezes a pressão de vapor relativa:

$$A_w = P_w / P_w^\circ = UR/100$$

Os alimentos frescos possuem A_w altas, em geral maiores que 0,98, sendo que o valor máximo da atividade de água é 1, na água pura. A A_w de uma solução ou alimento é sempre inferior a unidade.

VAN DEN BERG & BRUIN (1981); LEUNG(1986); CHIRIFE *et al.*, (1987); TOLEDO(1991) estabelecem uma série de métodos utilizados para calcular a A_w , no qual a maioria deles está baseado na redução da atividade de água.

Diversas equações, como as de NORRISH (1966); ROSS (1975); CHIRIFE *et al* (1979), foram propostas para prever a A_w de alimentos de umidade intermediária ou de alta umidade. Muitos alimentos podem ser tratados como soluções binárias ou multicomponentes.

A equação de NORRISH (1966) de acordo com CHIRIFE *et al.*, (1980) calcula a A_w em soluções binárias de açúcares:

$$A_w (\text{solute}) = X_1 \cdot \text{Exp} [-k (X_2^2)]$$

Onde: X_1 e X_2 são as frações molares da água e do soluto

-k é a constante de interação para cada tipo de soluto

Esta equação tem sido aplicada com bons resultados na predição da A_w em alimentos e soluções binárias de diversos solutos não eletrolíticos. O valor da constante K é apresentado na Tabela 6.

TABELA 6- Valores da constante K de NORRISH(1966) para alguns açúcares.

Açúcares	K
Sacarose	6.47±0.06
Maltose	4.54±0.2
Glicose	2.25±0.02
Xilose	1.54±0.04
Lactose	10.2

Fonte: CHIRIFE *et al.*, (1980); CHIRIFE & FAVETTO(1992).

Um procedimento rigoroso para predizer a A_w em soluções simples e complexas foi desenvolvido por ROSS (1975) considerando a equação de Gibbs-Duhem:

$$A_w = (A_w)_1 (A_w)_2 (A_w)_3 (A_w)_4 \dots\dots\dots$$

WELTI & VERGARA (1994) descrevem a equação como sendo o produto dos valores da A_w de uma solução simples de cada componente, avaliada esta última na mesma molaridade ao qual o soluto se encontra na solução complexa. ROSS(1975) & BONE *et al.*, (1985) utilizando esta equação com misturas reais de açúcares, sais e ingredientes não solúveis presentes em alimentos, demonstraram que o erro que se comete ao calcular a A_w em sistemas com valores superiores a 0,80 é sempre menor que 2%. Resultados semelhantes foram confirmados por diversos autores ao predizer a A_w em soluções aquosas de composição diversa e em alimentos de alta umidade ou umidade intermediária.

De acordo com CHRISTIAN(1981) citado por CHIRIFE & FAVETTO(1992), em muitos casos a resposta do microrganismo difere em um valor particular de A_w , quando se utiliza diferentes solutos. A resposta microbiana depende também a uma A_w particular da natureza do soluto usado para ajustar a A_w ao valor desejado, podendo ser chamado de "efeito específico do soluto". Um exemplo comum da interação célula-soluto (efeito específico do soluto) é a variação da A_w mínima que permite o crescimento com o tipo de soluto, como observado em

muitos microrganismos (CHIRIFE & FAVETTO,1992). Por exemplo, para solutos como cloreto de sódio e sacarose que permite o crescimento de *Staphylococcus aureus* a A_w mínima próxima de 0,86 (VAAMONDE *et al.*, 1982 citado por CHIRIFE & FAVETTO,1992).

2.7.2 Atividade de água na estabilidade química e microbiológica

Tem sido possível estabelecer uma estreita relação entre o teor de água livre no alimento (A_w) e sua conservação, apesar da complexidade dos conceitos de água ligada e do conhecimento relativamente pequeno e impreciso de sua natureza.

A velocidade de algumas transformações químicas e enzimáticas, em função da A_w do alimento pode exercer forte influência na velocidade e disponibilidade das reações.

Existe uma estreita relação entre a A_w e a possibilidade de deterioração de um produto. Porém, não se pode atribuir a estabilidade de um alimento exclusivamente, ao controle de sua A_w , visto que existem algumas limitações. Entre estas limitações podemos considerar o fato de que diferentes solutos podem produzir comportamentos diferentes em um determinado produto, mesmo a atividade de água equivalente (HEGENBART, 1993).

Para valores baixos de atividade de água ($<0,40$) a água está fortemente ligada e em geral não se encontra disponível para as reações deteriorantes, com exceção da oxidação química de lipídios que é fortemente incrementada a valores de $A_w < 0,20$, devido a maior exposição dos grupos reativos. Para valores de $A_w > 0,60$, pequenas alterações de A_w correspondem na maioria dos casos a um aumento considerável na velocidade de algumas reações (LABUZA,1977).

Com relação aos microrganismos, os bolores em geral são mais tolerantes a um decréscimo de A_w do que as leveduras e estas mais que as bactérias. Muitas bactérias não se desenvolvem em $A_w < 0,91$ e muitos bolores não se multiplicam em A_w inferiores a 0,80. Geralmente, considera-se 0,60 como o limite mínimo para o desenvolvimento de microrganismos (UBOLDI-EIROA, 1996).

A Tabela 7 apresenta valores mínimos de A_w para o desenvolvimento de alguns microrganismos associados a alimentos.

TABELA 7 -Valores mínimos de Aw para a multiplicação de microrganismos associados a alimentos.

Aw	Bactéria	Levedura	Bolores
	<i>Clostridium</i> ,		
0,98	<i>Pseudomonas</i>	-	-
0,97	<i>Clostridium</i>	-	-
0,96	<i>Flavobacterium, Klebsiella, Lactobacillus,</i> <i>Proteus, Pseudomonas, Shigella</i>	-	-
0,95	<i>Alcaligenes, Bacillus, Citrobacter,</i> <i>Clostridium, Enterobacter, Escherichia,</i> <i>Proteus, Pseudomonas, Salmonella,</i> <i>Serratia, Vibrio</i>	-	-
0,94	<i>Lactobacillus, Microbacterium,</i> <i>Pediococcus, Streptococcus, Vibrio</i>	-	-
0,93	<i>Lactobacillus, Streptococcus</i>	-	<i>Rhizopus, Mucor</i>
0,92	-	<i>Rhodotorula,</i> <i>Pichia</i>	-
	<i>Corynebacterium, Staphylococcus,</i>		
0,91	<i>Streptococcus</i>	-	-
	<i>Lactobacillus, Micrococcus, Pediococcus,</i>	<i>Hansenula,</i>	
0,90	<i>Vibrio</i>	<i>Saccharomyces</i>	-
		<i>Candida,</i>	
0,88	-	<i>Debaryomyces,</i> <i>Hanseniaspora,</i> <i>Torulopsis</i>	<i>Cladosporium</i>
0,87	-	<i>Debaryomyces</i>	-
0,86	<i>Staphylococcus</i>	-	<i>Paecilomyces</i>
0,80	-	<i>Saccharomyces</i>	<i>Aspergillus,</i> <i>Penicillium,</i> <i>Emericella,</i> <i>Eremascus</i>
			<i>Aspergillus,</i>
0,75	<i>Bactérias halófilas</i>	-	<i>Wallemia, Eurotium,</i> <i>Chrysosporium</i>
0,62	-	<i>Saccaromyces</i>	<i>Eurotium, Monascus</i>

Fonte: LEISTNER & RODEL (1976)

2.7.3 Tratamento térmico

O tratamento térmico visa principalmente, a inativação enzimática e a redução da carga microbiana presente no alimento. Em geral, a aplicação do tratamento térmico está relacionada ao grau adequado de temperatura e tempo de sua exposição e às diferentes características do produto. A intensidade e o tempo de exposição ao calor, deve ser rigorosamente calculado, uma vez que poderá ocorrer perdas em seu valor nutritivo e modificações de natureza histolítica, física e química (EVANGELISTA,1992).

O branqueamento é freqüentemente utilizado na preparação de frutos minimamente processados pela tecnologia de obstáculos não somente para a inativação de enzimas (previne reações de escurecimento pela inativação da ação das polifenoloxidasas) mas também na destruição ou injúria de microrganismos sensíveis ao calor (fungos, na maioria) contribuindo assim para a redução da carga microbiana inicial ou a sensibilização dos microrganismos sobreviventes a outros fatores de estresse (ALZAMORA, *et al.*,1995).

JONES & BECKETT(1995) citam alguns pontos negativos que podem ocorrer durante o branqueamento como a perda de vitaminas, carboidratos, flavor e outros componentes solúveis em água.

ALZAMORA *et al.* (1989) trabalhando com abacaxis preservados por métodos combinados, observaram que no branqueamento, houve redução da carga microbiana, e de acordo com seus resultados, o produto foi microbiologicamente estável durante pelo menos quatro meses de estocagem não refrigerada.

2.7.4 Acidez e potencial hidrogeniônico (pH)

Segundo ARAÚJO(1995) o pH ácido facilita a destruição de microrganismos pelo calor, permitindo que se utilize um tempo menor de pasteurização e, portanto, minimizando os efeitos negativos na qualidade do produto.

Em geral, os alimentos não processados, se encontra na faixa de pH entre 5,6 a 6,6, sendo que em alguns frutos o valor de pH é mais baixo. O aumento

da acidez e a diminuição do pH contribui para a estabilidade microbiológica. Isto ocorre naturalmente. Pela fermentação ou artificialmente pela adição de acidulantes. Na preservação de vários tipos de alimentos pode-se utilizar uma série de ácidos orgânicos ou seus sais. Os ácidos de cadeia curta semelhantes ao acético, benzóico, cítrico, láctico, propiônico e sórbico e seus sais são freqüentemente utilizados. A potencialidade destes ácidos é aumentada na presença de alimentos com pH abaixo de 5,5, embora os ésteres do ácido parahidroxibenzoico tenha efeito em alimentos com pH próximo a 7, e ácidos propiônico e sórbico tenham algum efeito em alimentos com pH 6,0 a 6,5. Muitos microrganismos não crescem abaixo de um pH mínimo específico, o limite mais conhecido é o de 4,6 para o *Clostridium botulinum* (BOGH-SORENSEN,1997).

Nos frutos processados por métodos combinados, o valor de pH é mantido igual ou próximo ao da fruta fresca (3,0-4,1). Nos frutos onde o valor de pH for alto, este valor é ajustado a valores mais baixos para manter as características sensoriais mais compatíveis com o da fruta natural. Alimentos que apresentam alta atividade de água mantém o crescimento da maioria das bactérias, bolores e leveduras; porém em frutas ácidas e produtos de frutas a maioria das bactérias, com exceção das ácido-tolerantes, é inibida. Visto que uma leve redução de pH abaixo do ótimo aumenta o limite inferior de A_w para o crescimento microbiológico, enquanto uma leve redução de A_w diminui a faixa de pH que permite o crescimento de microrganismos, espera-se que a interação pH- A_w nestas faixas seja suficiente para suprimir o crescimento da maioria das bactérias de importância na preservação de frutos, tais como flora deteriorante fúngica, bactérias ácido lácticas e alguns fungos filamentosos(TAPIA de DAZA *et al*,1997).

A Tabela 8 apresenta os valores de pH de algumas frutas tropicais e subtropicais.

TABELA 8 - Valores de pH de algumas frutas tropicais e subtropicais.

FRUTA	pH
Maçã (<i>Pyrus malus</i> L.)	3,4-3,5
Banana (<i>Musa cavendish</i>)	5,6
Goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	3,0-4,0
Manga (<i>Mangífera indica</i> L.)	3,2-4,2
Melão (<i>Cucumis, Citrillus</i>)	5,5
Mamão (<i>Carica papaya</i> L.)	3,2
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i> Sims.)	2,9-3,2
Abacaxi (<i>Ananas comusus</i> Merr.)	3,0-3,6
Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.)	2,2
Pera (<i>Pyrus communis</i>)	3,8-4,6

Fonte: ALZAMORA *et al.* (1995).

A Tabela 9 apresenta o limite mínimo de Aw e pH externo para o crescimento para a maioria das bactérias capazes de crescer em produtos de frutas na faixa de Aw 0,94-0,98.

TABELA 9 - Atividade de água mínima e pH para o crescimento de bactérias em produtos de frutas.

Microrganismo	Aw	pH
Clostridium botyricum	0,945 < 0,965 (glicose); 0,935 < 0,950(glicerol)	>8,0
Clostridium pasteurianum	0,985	3,5-4,5
Bacillus coagulans	0,94(glicose)	3,8-4,8
Bacillus licheniformis	> 0,89<0,91 (NaCl ou glicose)	4,2-4,4
Bacillus stearothermofilus	> 0,97 (NaCl ou glicose)	>5,0<6,0
Lactobacillus species	>0,94 (glicerol)	3,8_4,4
Lactobacillus plantarum	0,94	
Leuconostoc mesenteroides	0,94(NaCl)	
Streptococcus faecalis	0,94	4,4-4,7
Salmonella species	0,95	3,7-4,5
Salmonella cranienberg	0,95(NaCl); 0,935(glicerol)	

Fonte: ALZAMORA *et al.*(1995).

2.7.5 Conservantes

Os conservantes são substâncias químicas com propriedades antimicrobiológicas adicionadas nos alimentos, processados ou não, cuja função no alimento é inibir o crescimento e, ou desenvolvimento de microrganismos, aumentando a vida útil do produto e garantindo seu consumo com segurança. A utilização de conservantes nos alimentos em concentrações adequadas e aceitáveis promove a inibição dos microrganismos, até que sejam eliminadas por volatilização, metabolismo, degradação ou por meio de interações químicas com outros componentes do alimento (ARAÚJO,1995).

A influência da potencialidade de um componente antimicrobiano é dependente de muitos fatores. O tratamento térmico muitas vezes aumenta o potencial de ação dos preservativos... No produto acabado, o tempo, a temperatura

de estocagem e o tipo de embalagem podem afetar a performance do preservativo. Abaixo são descritos alguns preservativos químicos utilizados (ROBACH, 1980).

A interação Aw-pH-conservantes tem sido a base da tecnologia de conservação de frutas autoestáveis desenvolvidas nos últimos anos (ALZAMORA *et al.*, 1989 e 1993).

Os acidulantes agem reduzindo o pH, minimizando o crescimento microbiano e algumas vezes aumentando o efeito preservativo dos ácidos fracos. O ácido cítrico é um dos ácidos mais amplamente utilizados em alimentos e representa mais que 60% de todos os ácidos usados nos alimentos. Ele é um aditivo multifuncional, apropriado para vários tipos de aplicações: na acidificação de alimentos não ácidos até que obtenha o pH 4,6 ou menor para produtos tratados termicamente. O ácido cítrico é menos efetivo como agente antimicrobiológico devido ao fato de ser metabolizado por vários microrganismos. Como flavorizante é muito utilizado em bebidas carbonatadas, sucos de frutas e queijos. É utilizado também como tamponante para estabilizar o pH durante vários estágios de processamento de alimentos. Como sequestrante é utilizado para inibir o efeito dos metais sobre as reações de oxidação e o escurecimento de frutas e vegetais durante o processamento, mediante a formação de complexos que não possuem efeito catalítico (ROBACH, 1980; ARAÚJO, 1995).

O ácido benzóico ocorre na natureza, na forma glicosídica, em diversas frutas e hortaliças. Possui atividade ótima na faixa de pH entre 2,5 e 4,0. É utilizado no controle de bolores e leveduras, mas seu uso não é recomendado para o controle de bactérias, devido a sua baixa atividade em pH, igual a 4,5 ou maior. A maior solubilidade em água e a não interferência na coloração tornam o benzoato de sódio o mais utilizado (ARAÚJO, 1995).

Os benzoatos são geralmente reconhecidos como seguros (GRAS- "Generally Recognized as Safe") para uso em alimentos, ao nível máximo permitido de 0,1%. Possuem a vantagem de apresentar baixo custo quando comparados a outros aditivos antimicrobianos (ROBACH, 1980).

O ácido ascórbico e isoascórbico e seus sais, possuem vários efeitos em produtos de alimentos. Os ascorbatos atuam como antioxidantes, podem atuar

sinergisticamente na presença de outros antioxidantes. O ácido ascórbico também pode ser usado para baixar o pH (BOGH-SORENSEN,1977).

O dióxido de enxofre é um dos aditivos mais freqüentemente utilizados na indústria de alimentos. O termo sulfito refere-se ao dióxido de enxofre (SO_2) e as diversas formas de sulfitos inorgânicos que o liberam nas condições de uso. O sulfito reage prontamente com açúcares redutores, aldeídos, cetonas, antocianinas e proteínas, formando uma grande variedade de sulfitos orgânicos combinados. A extensão da reação é dependente de pH, temperatura, concentração de sulfito e componentes reativos presentes no produto. Com fortes agentes redutores, os sulfitos podem ser incorporados aos alimentos na forma de gás ou de sais de sulfito, bissulfito ou metabissulfito (ARAÚJO,1995).

A maioria das aplicações de sulfitos são em produtos de frutas e legumes, e em bebidas alcoólicas e não alcoólicas. (GOULD & RUSSEL,1991; BOGH-SORENSEN,1997). São usados como preservativos em sucos de frutas, xaropes, frutos secos e vinhos, sendo que os níveis residuais utilizados não excedem a 100ppm (TAYLOR *et al.*,1986 citado por SAPERS,1993). Os sulfitos são considerados GRAS (FDA,1982), mas não são recomendados em alimentos que são considerados fontes de vitamina B₁, pois causa a sua destruição (ROBACH,1980) ou em frutas ou vegetais que se pretendem servir ou vender crus aos consumidores ou serem apresentados aos consumidores como "frescos"(FDA,1988B).

Os sulfitos são aditivos alimentares multifuncionais e atuam como antioxidantes, prevenindo a oxidação, minimizando mudanças de cor (os agentes redutores sulfito e ácido ascórbico promovem a redução química aos precursores do pigmento) e estabilizando a vitamina C; prevenindo o escurecimento enzimático e não enzimático e atuam reagindo com intermediários carbonílicos, prevenindo reações posteriores de formação de pigmentos marrons (WEDZICHA,1987). Atua como agente redutor, branqueador e antimicrobiano, pois inibe o crescimento de leveduras e mofos a pH baixo e Aw reduzida, inibe bactérias gram-negativas em alimentos com pH e Aw altos. Sulfitos atuam como agentes inibidores das PPO e também reagem com intermediários para prevenir a formação de pigmentos. A reatividade do dióxido de enxofre (SO_2) é muito alta, e durante a estocagem e o

processamento térmico freqüentemente ocorrem perdas consideráveis (BOGH-SORENSEN,1997).

A Tabela 10 mostra as principais barreiras usadas na tecnologia de produtos de fruta de alta umidade (PFAU).

TABELA 10 - Principais barreiras utilizadas na tecnologia de produtos de fruta de alta umidade (PFAU).

Obstáculos	Intensidade dos obstáculos
Atividade de água (ajustada por combinação ou por imersão em soluções de sacarose, glicose, maltodextrinas, etc	0,94-0,98
pH (ajustado com ácido cítrico ou fosfórico)	3.0-4.1
Tratamento térmico leve: branqueamento, <i>Hot Fill</i>	Vapor saturado (100°C)
Antimicrobiano: Sorbato de potássio ou benzoato de sódio	0-1500 ppm 0-1500 ppm
Agentes antiescurecimento: SO ₂	0-1500 ppm

Fonte: TAPIA de DAZA *et al*,1997.

O sulfito é um aditivo multifuncional em alimentos, cuja aplicação varia largamente. Alguns dos maiores usos são sumarizados na Tabela 11 (GOULD & RUSSELL,1991).

TABELA 11 - Aplicações de sulfito e níveis de utilização.

Usos típicos em alimentos	Concentração utilizada (SO₂: mg/Kg)
Hortaliças frescas (cebola, alho)	50-1000
Hortaliças secas	250-2500
Hortaliças em conserva	20-100
Batatas descascadas	10-50
Frutas frescas	100
Frutas secas	100-2000
Polpa de frutas	50-500
Sucos de frutas	10-100

FONTE: GOULD & RUSSELL,1991.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Cupuaçus selecionados da variedade redondo do Centro Tecnológico - CPATU/EMBRAPA, em Belém, foram recebidos, lavados por imersão, em água clorada (50ppm de cloro ativo/15min) e descascados manualmente. A polpa de cupuaçu foi obtida mecanicamente com auxílio de uma despulpadeira, de forma a retirar o maior conteúdo possível de polpa que fica fortemente aderido às sementes. Após esta etapa as polpas foram separadas das sementes a fim de avaliar o rendimento das mesmas.

Os cuidados com a higiene foram mantidos durante o processamento visando garantir a qualidade da matéria prima. As polpas foram acondicionadas em sacos plásticos flexíveis de polietileno, termo-seladas, e submetidas as análises físico-químicas e microbiológicas, seguindo-se de posterior congelamento.

As polpas foram submetidas aos seguintes experimentos:

I - Influência da adição de sacarose como depressor da atividade de água das polpas empregando como modelo as equações de ROSS (1975) e de NORRISH, conforme (CHIRIFE *et al*, 1980).

II - Influência do pH e da adição de conservantes na qualidade microbiológica das polpas. Após estabelecer o tipo e concentração do soluto para adequação da A_w , a polpa foi acidificada (adição de ácido cítrico) até níveis de pH 3,0 e adicionada o conservante químico benzoato de sódio em diferentes níveis de concentração, visando estabelecer a dose mínima de conservante que garanta a melhor qualidade das polpas avaliada por meio de determinações de mofos e leveduras, e contagem total. Foram testados níveis de 500, 750 e 100 ppm de benzoato de sódio.

III - Efeito da adição de antioxidantes na alteração de cor das polpas. Foi avaliada a tendência do escurecimento enzimático e/ou não enzimático, frente a adição de diferentes níveis de antioxidante (sulfitos), visando estabelecer doses mínimas deste produto que garantam uma aceitação do atributo cor das polpas durante o seu armazenamento. Foram testados níveis de 200 e 400ppm de SO_2 .

IV - Efeito do branqueamento das polpas. Foi testado o efeito da relação tempo e temperatura na eficiência da redução da carga microbiana da polpa, bem como o seu efeito na alteração da cor da polpa. Foi testado temperatura de 90°C e tempos de 0, 1 e 2 minutos.

Foram estabelecidos os seguintes níveis de atividade de água : $A_w=0,98$ para polpa *in natura*, $A_w=0,97$ para polpa com 22,5% de sacarose e $A_w=0,95$ para polpa com 34% de sacarose. A partir deste ensaio preliminar todas as demais etapas da pesquisa foram realizadas com estes três diferentes níveis de A_w .

A Figura 5 mostra o fluxograma do processamento de polpa conservada por métodos combinados.

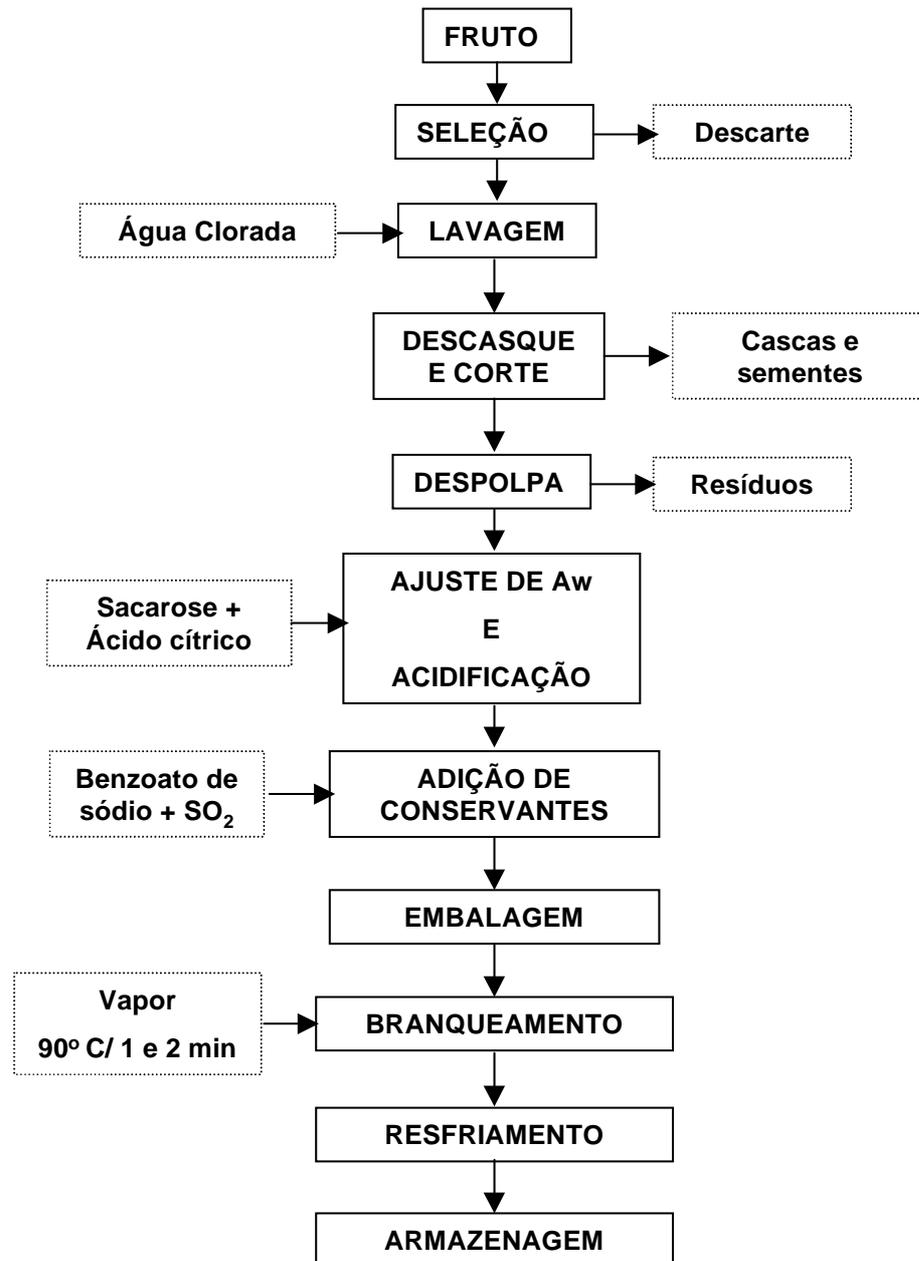


FIGURA 5 - Fluxograma de conservação da polpa de cupuaçu por processamento mínimo/métodos combinados com emprego da tecnologia de obstáculos.

Os experimentos foram conduzidos visando a obtenção e conservação da polpa de cupuaçu por métodos combinados. Posteriormente, foi elaborado um néctar a partir das polpas com $A_w=0,98$, $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$ para a avaliação sensorial.

Nestes experimentos foram avaliados: a adição de sacarose em diversas concentrações para o ajuste da atividade de água; acidificação das polpas com ácido cítrico, a adição de benzoato em diferentes níveis para assegurar a qualidade microbiológica das polpas, a concentração de sulfito na incorporação das polpas para garantir a aceitação do atributo cor durante a vida de prateleira.

Foram estabelecidas as seguintes formulações da polpa obtidas por métodos combinados: $A_w=0,98$, $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$.

Os néctares obtidos a partir da polpa de cupuaçu foram processados e envasados com um grau ° Brix teórico igual a 15, após a necessária dosagem com água e açúcar nas proporções adequadas a cada amostra da polpa.

Após a formulação dos néctares, as amostras foram submetidas a um tratamento térmico de 90° C por 2 minutos. Procedeu-se, em seguida, o enchimento a quente em garrafa tipo “prelabel” com capacidade de 260ml vedadas com rolhas plásticas rosqueadas. O resfriamento foi feito em água corrente até uma temperatura de 25° C.

As mostras foram rotuladas para identificar as diferenças entre as polpas $A_w=0,98$ (in natura); $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$, os néctares foram armazenados à temperatura de refrigeração, para ser utilizado na análise sensorial. Nas análises dos néctares, foram executadas as seguintes determinações: acidez em g% de ácido cítrico, ° Brix, pH e cor. As análises foram realizadas em triplicata, tomando-se como tempo inicial (tempo zero) aquele relativo ao imediato pós-processamento.

Os néctares comportaram-se experimentalmente de acordo com a expectativa, o mesmo ocorrendo com a sua característica química e físico-química, conforme pode ser observado na Tabela 29. Os resultados são considerados satisfatórios.

3.1 Determinação física

3.1.1 Cor

A leitura foi determinada através do colorímetro MINOLTA, modelo CR300, com valores expressados em L^*a^*b , segundo HUNTER (1975).

3.2 Determinações físico-químicas

3.2.1 pH

O pH foi determinado através de um medidor de pH HANNA INSTRUMENTS, modelo HI 9321, calibrado periodicamente com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, segundo AOAC (1992).

3.2.2 Acidez total titulável (ATT)

As amostras das polpas foram tituladas com NaOH 0,1N e o resultado expresso em termos de ácido cítrico (%g de ácido cítrico/100ml), segundo o INSTITUTO ADOLFO LUFTZ (1985).

3.2.3 Atividade de água (Aw)

As amostras das polpas foram medidas no medidor AQUALAB, modelo CX-2.

3.2.4 Sólidos solúveis totais (SST)

Foi determinado através da leitura direta em um refratômetro digital ATAGO, modelo PR-101, com escala de 0 a 45 °Brix e compensação de temperatura automática, segundo AOAC (1992). Resultados foram expressos em ° Brix.

3.2.5 Dióxido de enxofre total

O teor de ácido sulfuroso total foi determinado segundo método colorimétrico, de acordo com a AOAC (1992), por meio de espectrofotômetro.

3.3 Determinações microbiológicas

As análises de contagem de bactérias aeróbias mesófilas, bolores e leveduras, coliformes totais e fecais foram realizadas segundo a APHA (1992).

3.4 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial e aceitação global do produto elaborado (néctar de cupuaçu) foi realizada através do teste de escala hedônica estruturada de 9 pontos, onde 9 representava a nota máxima "gostei muitíssimo" e "1" a nota mínima "desgostei muitíssimo" (MONTEIRO, 1984 e MORAES,1988), aplicado a 30 provadores não treinados. As amostras dos produtos foram apresentadas aos provadores, à temperatura de ± 10 °C , servidas unitariamente e separadamente em taças de vidro codificadas aleatoriamente. Os provadores posicionados em cabines individuais foram orientados a observarem as características globais e o preenchimento de fichas de respostas.

3.5 Análise estatística

Os dados obtidos nas análises físicas, físico-químicas e sensorias foram tratados estatisticamente através de análise de variância, teste de Tukey e teste de Ryan-Einot-Gabriel-Welsch (REGWQ) pelo programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute, Inc., 1985). Os resultados foram determinados por meio de análise de variância e de regressão.

Os experimentos foram realizados em delineamento inteiramente causalizado (DIC), obedecendo os seguintes esquemas fatoriais:

- Experimento I: 3 x 6, tendo como fatores a atividade de água das polpas e as concentrações de ácido cítrico;
- Experimento II: 3 x 3 x 6, tendo como fatores a atividade de água das polpas, as concentrações de SO₂ e o tempo de armazenamento;
- Experimento III: 3 x 3, tendo como fatores a atividade de água das polpas e o tempo de branqueamento.

Foram realizadas 3 repetições representadas por cada polpa com diferentes níveis de atividade de água.

A partir dos resultados da análise de variância e verificando-se as interações entre os fatores, procedeu-se os seguintes desdobramentos:

- Experimento I: concentração de ácido cítrico dentro de cada atividade de água da polpa;
- Experimento II: tempo dentro de cada atividade de água da polpa ou concentração de SO₂ dentro de cada atividade de água.

Os resultados foram submetidos à regressão polinomial, considerando-se equações de até 3º grau. O coeficiente de determinação mínima para utilização das curvas foi de 0,70.

Nos casos em que não foram verificadas interações significativas, procedeu-se à aplicação do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os casos significativos do fator concentração de ácido cítrico e fator tempo, os resultados foram submetidos à regressão polinomial. Para caracterização da polpa e do néctar aplicou-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização da polpa de cupuaçu

Nas amostras de polpa de cupuaçu extraída durante o processamento não foram evidenciados bolores, leveduras e bactérias lácticas viáveis. Não foram detectados coliformes fecais (NMP/g<3). Os resultados destas análises evidenciaram qualidade microbiológica satisfatória de acordo com os atuais padrões estabelecidos pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento (MAA) nº6 de 10/01/2000.

A avaliação microbiológica de polpa de cupuaçu pode ser observada na Tabela 12.

TABELA 12 - Avaliação microbiológica da polpa de cupuaçu utilizada nos experimentos.

AMOSTRA	DETERMINAÇÕES	
Polpa	Mofo e Leveduras (UFC/g)	Contagem (UFC/g)
<i>In natura</i>	1,1 x 10 ²	5,5 x 10 ²

A caracterização físico-química da polpa de cupuaçu está apresentada na Tabela 13.

TABELA 13 - Avaliação físico-química da polpa de cupuaçu utilizada nos experimentos.

DETERMINAÇÕES	POLPA <i>IN NATURA</i>
Atividade de água	0,988
°Brix (20°C)	12,5
pH	3,34
Acidez cítrica (%)	2,27

Verificou-se que os resultados obtidos para a polpa *in natura* estavam dentro dos padrões de identidade e qualidade (PIQs) estabelecidos para a polpa de cupuaçu segundo a presente instrução Normativa nº1, de 7 de janeiro de 2000 onde os valores mínimos estabelecidos foram mantidos.

4.2 Ensaio preliminares

4.2.1 Adequação da atividade de água da polpa de cupuaçu

Na adequação da atividade de água chegou-se a valores de 0,95 e 0,97, sendo necessário à adição de sacarose de 22,5% e 34%, respectivamente, conforme verifica-se na Tabela 14.

TABELA 14 - Caracterização físico-química da polpa de cupuaçu utilizada nos experimentos.

% sacarose	Aw
0	0,988
5	0,984
10	0,981
15	0,975
20	0,971
30	0,958
40	0,930
50	0,898

A Figura 6 ilustra o efeito da adição de sacarose na atividade de água da polpa de cupuaçu.

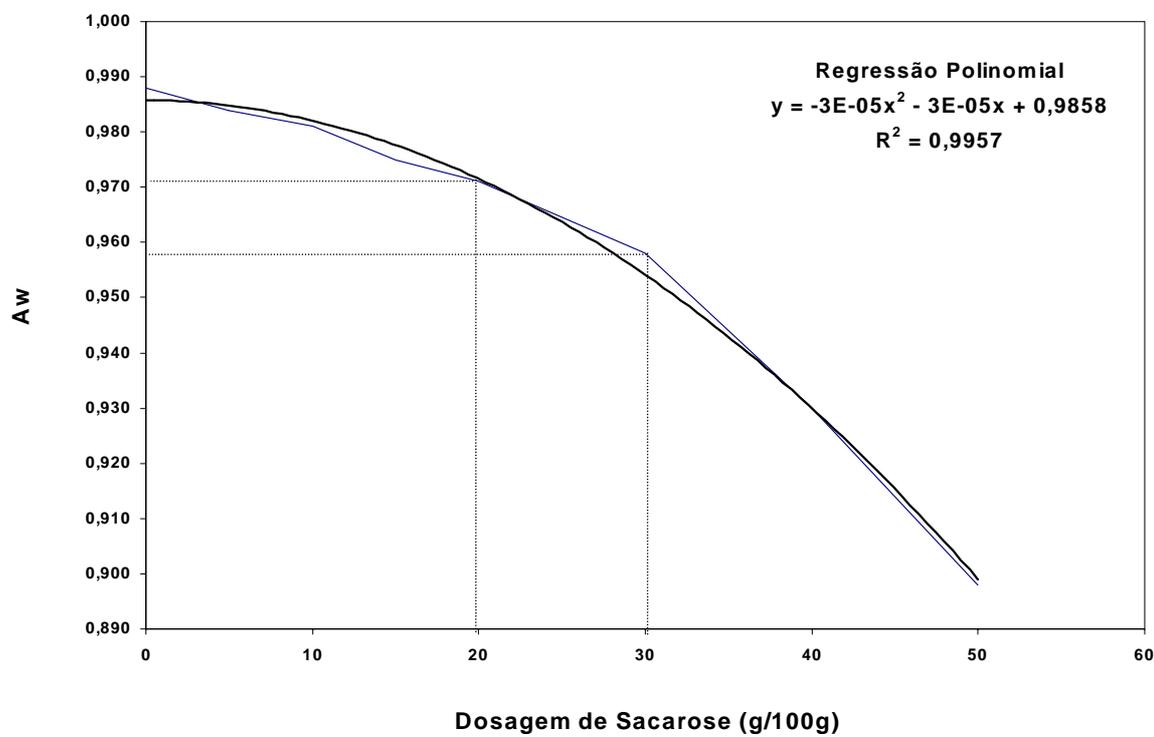


FIGURA 6 - Efeito da adição de sacarose na Aw da polpa de cupuaçu.

4.2.2 Adequação do pH na polpa de cupuaçu

Para o ajuste do pH foram necessárias dosagens de ácido cítrico de 1,74% para a polpa *in natura*; 1,34% para polpa com $A_w=0,97$ e 1,19% para polpa com $A_w=0,95$ para a redução do pH para o nível de 3,0

A Figura 7 mostra o gráfico e as equações da curva de pH x ácido cítrico adicionados na polpa de cupuaçu.

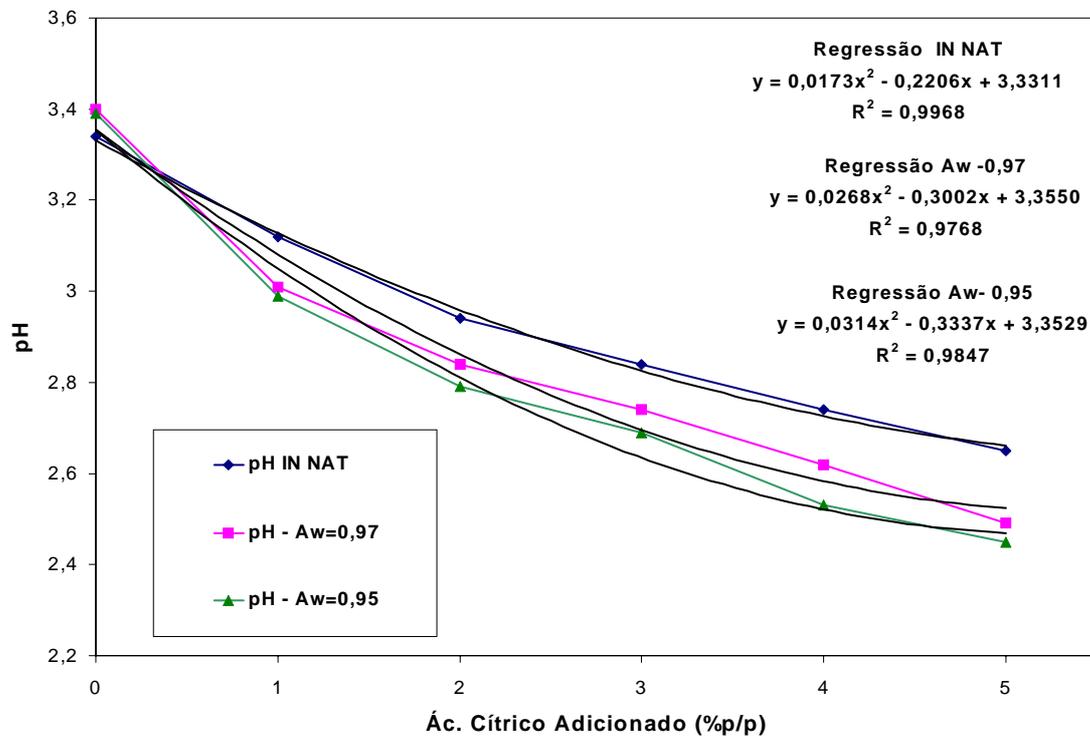


FIGURA 7 - Efeito da adição de ácido cítrico no pH da polpa de cupuaçu.

Estes valores de pH da polpa de cupuaçu estão baseados nos resultados obtidos através da regressão da curva como pode ser visto na Tabela 15.

TABELA 15 - Influência do ácido cítrico no pH da polpa de cupuaçu conservada por métodos combinados.

% ác. Cít.	pH da polpa		
	in nat	Aw= 0,97	Aw=0,95
0	3,34	3,40	3,39
1	3,12	3,01	2,99
2	2,94	2,84	2,79
3	2,84	2,74	2,69
4	2,74	2,62	2,53
5	2,65	2,49	2,45

Os valores de ATT(%) da polpa de cupuaçu para as diferentes dosagens de ácido cítrico adicionados podem ser demonstrados através da Tabela 16 e da Figura8

TABELA 16 - Valores de ATT(%) da polpa para as diferentes dosagens de ácido cítrico adicionadas.

% ác.cít.	ATT (%) da polpa		
	in nat	Aw= 0,97	Aw=0,95
0	2,27	1,64	1,40
1	3,32	2,69	2,44
2	4,21	3,81	3,51
3	5,37	5,21	4,56
4	6,61	6,08	5,88
5	7,58	7,19	6,75

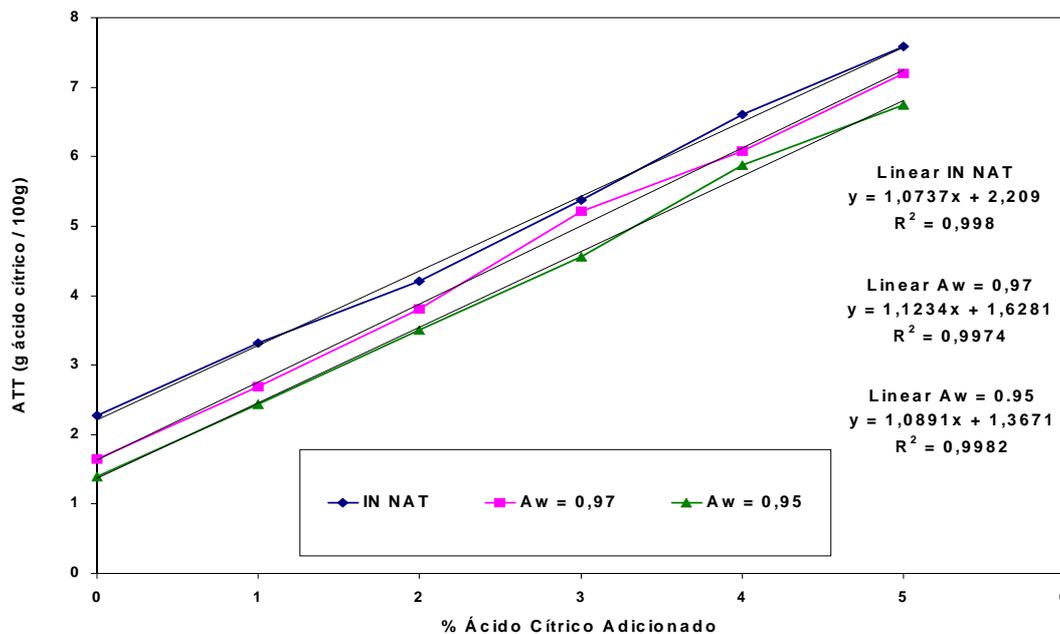


FIGURA 8 - Valores de acidez (ATT%) da polpa de cupuaçu para as diferentes dosagens de ácido cítrico.

A partir dos dados da Tabela 17 e Figura 9, a polpa corrigida para pH=3,0 e com Aw=0,97 e Aw=0,95 apresentou, respectivamente, os valores finais de °Brix de 35,64 e 44,10 e ATT(%) de 3,13% e 2,66% conforme dados da Tabela 18 mais adiante.

TABELA 17 - Características físico-químicas da polpa de cupuaçu após ajuste da Aw (0,97; 0,95) e pH=3,0 empregados como obstáculos para conservação da polpa. de cupuaçu.

Amostra	Características		
	ATT(%)	°Brix	°Brix/ATT(%)
Natural	4,08	12,24	3,00
Aw = 0,97	3,13	35,64	11,37
Aw = 0,95	2,66	44,10	16,56

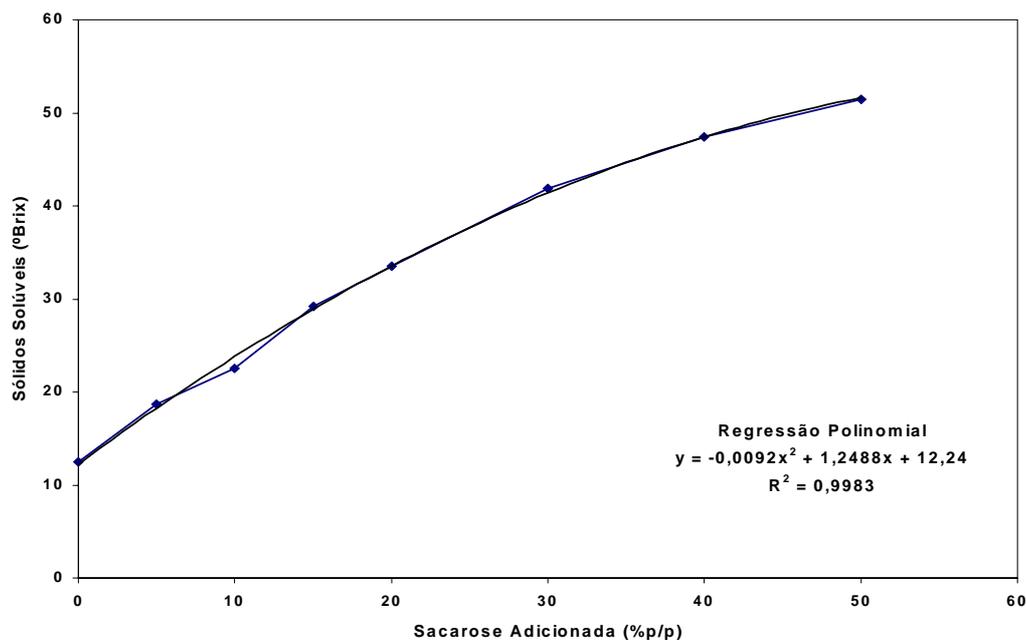


FIGURA 9- Efeito da adição de sacarose no teor de sólidos solúveis (°Brix) da polpa de cupuaçu.

TABELA 18 -Valores de °Brix da polpa de cupuaçu em relação às concentrações de sacarose adicionadas.

% sacarose	Brix da polpa
0	12,5
5	18,7
10	22,5
15	29,2
20	33,5
30	41,9
40	47,4
50	51,5

Nas condições descritas foi possível ajustar A_w e pH para a faixa adequada na conservação de frutos por métodos combinados.

4.2.3 Efeito do benzoato na estabilidade microbiológica da polpa de cupuaçu

Com relação ao efeito do benzoato, para a polpa com pH=3,0 e pH=3,5 e A_w ajustadas, verificou-se para as amostras “in natura” ($A_w=0,98$) e para as amostras com $A_w=0,95$ e $0,97$, valores de bolores e leveduras entre $1,5 \times 10^1$ UFC/g e $7,5 \times 10^1$ UFC/g e contagem padrão entre 1×10^1 UFC/g e $5,5 \times 10^1$ UFC/g, após sete dias armazenagem a temperatura ambiente.

Na Figura 10 são apresentados os dados de bolores e leveduras e contagem padrão das polpas de cupuaçu armazenadas à temperatura ambiente, tendo como obstáculos o ajuste para $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$, pH=3,0, adição de 500ppm de benzoato de sódio, além da polpa natural ($A_w=0,98$) com e sem obstáculos.

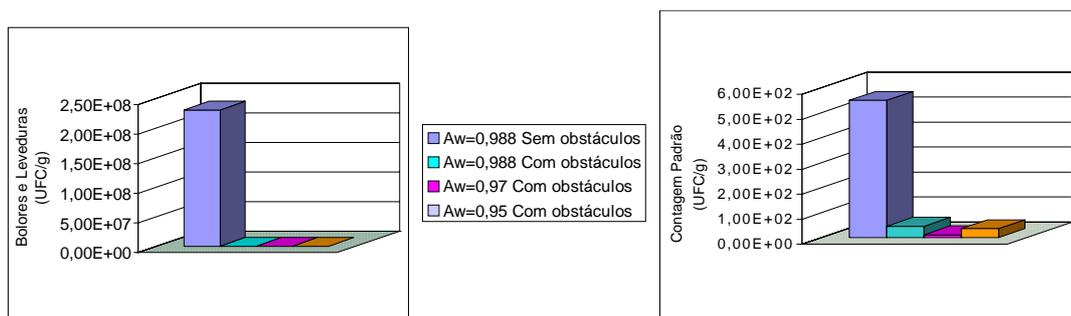


FIGURA 10 - Valores de bolores e leveduras e contagem padrão da polpa de cupuaçu armazenadas por sete dias à temperatura ambiente.

4.2.4 Efeito do SO₂ no Controle do Escurecimento na Polpa de Cupuaçu.

Na Tabela 19 são apresentados os valores de L* do acompanhamento do escurecimento da polpa onde se verificou maior tendência ao escurecimento (menores valores de L) para as amostras com menor atividade de água. Esta tendência ao escurecimento pode ser associada à incorporação de sacarose para ajuste de Aw, que por influência da acidez e baixo pH tem favorecida sua hidrólise no decorrer da armazenagem, elevando a concentração de grupos redutores criando condições adequadas ao surgimento de escurecimento não-enzimático.

TABELA 19 - Valores de L durante a armazenagem da polpa de cupuaçu com diferentes níveis de atividade de água e concentrações de SO₂.

Tempo (dias)	Amostras								
	Natural			Aw=0,97			Aw=0,95		
	Sem SO ₂	200 ppm	400 ppm	Sem SO ₂	200 ppm	400 ppm	Sem SO ₂	200 ppm	400 ppm
0	63,25	63,57	63,63	53,27	51,90	54,73	46,47	46,43	46,27
4	57,20	63,20	63,90	48,07	52,53	53,23	41,50	45,83	45,40
8	56,40	60,85	63,97	46,23	50,13	52,73	40,37	44,93	45,17
12	56,86	58,40	61,57	45,57	49,10	52,57	39,20	43,17	45,47
16	59,07	56,97	60,23	44,73	48,30	51,90	38,70	42,57	44,90
20	57,27	56,17	64,33	45,70	47,30	53,87	38,10	43,43	46,70

Verificou-se uma maior tendência ao escurecimento nas amostras sem adição e com adição de 200ppm de SO_2 , enquanto que as amostras com 400ppm de SO_2 apresentaram uma menor tendência, mantendo uma boa estabilidade de sua coloração, o que pode ser observado pelo maior valor de L nas amostras com 400ppm de SO_2 durante os vinte dias de armazenagem. (Figuras 11, 12 e 13).

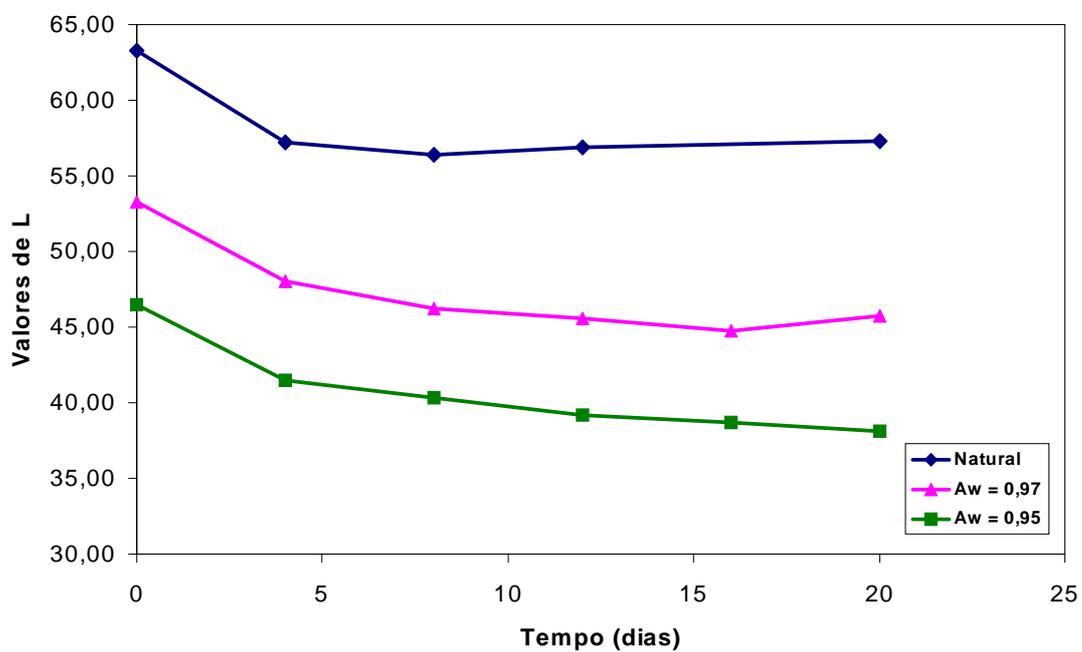


FIGURA 11 - Valores de L para a polpa de cupuaçu sem adição de SO_2

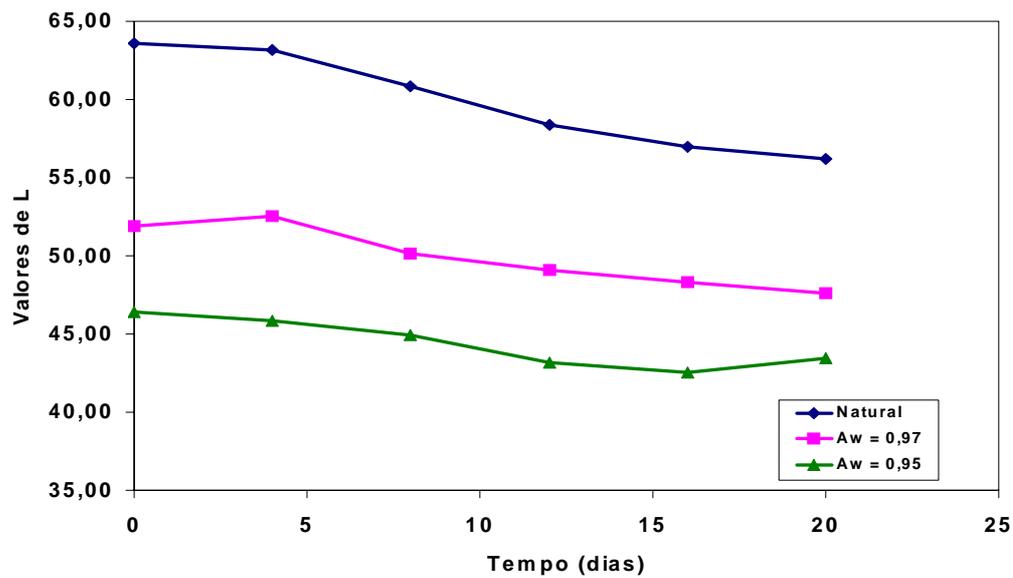


FIGURA 12 - Valores de L para a polpa de cupuaçu com 200 ppm de SO₂.

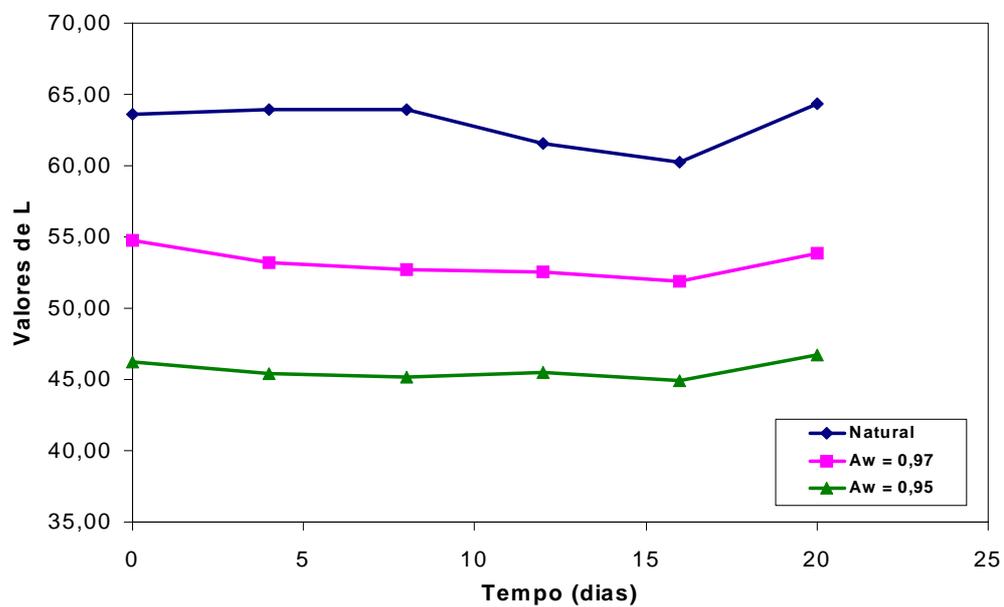


FIGURA 13 – Valores de L para a polpa de cupuaçu com 400 ppm de SO₂

Na Tabela 20 são apresentados os valores residuais de SO₂ em polpa de cupuaçu com diferentes níveis de Aw, durante a armazenagem de vinte dias.

TABELA 20- Efeito da atividade de água no decaimento de SO₂ em polpa de cupuaçu com os níveis de Aw, com 400 ppm de SO₂ inicial, mantida a temperatura ambiente (25°C).

Tempos (dias)	Residual de SO ₂ (%)		
	Atividade de Água		
	Aw=0,98	Aw=0,97	Aw=0,95
0	100,00	100,00	100,00
4	98,92	94,64	85,77
8	66,56	69,64	65,26
12	34,59	45,80	44,56
16	27,53	46,05	39,78
20	19,21	28,56	35,81

4.2.5 Influência do Tratamento Térmico (Branqueamento) na polpa de cupuaçu.

Com relação ao branqueamento da polpa de cupuaçu foi utilizada a temperatura de 90°C nos seguintes tempos 0, 1 e 2 minutos. Segundo os dados obtidos, nas Tabelas 21 e 22, pode-se dizer que o tempo de 2 minutos, ofereceu melhor resposta quanto ao atributo da cor e estabilidade microbiológica.

TABELA 21 - Efeito do branqueamento na cor das polpas de cupuaçu nos diferentes tempos de exposição 1 e 2 min.

Tempo	Determinações de cor (L)								
	Aw=0,98			Aw=0,97			Aw=0,95		
	L	a	b	L	a	B	L	a	b
0 min	67,98	-2,17	27,27	58,71	-2,94	24,39	52,97	-3,32	19,51
0 min	68,56	-2,77	26,7	59,2	-3,11	24,37	52,56	-2,95	19,21
0 min	68,23	-2,42	27,55	59,45	-3,4	23,87	52,9	-2,72	20,23
1 min	68,20	-2,42	27,55	58,48	-3,05	23,8	52,14	-3,41	19,76
1 min	68,70	-2,54	27,94	58,4	-3,38	23,6	51,84	-3,26	19,36
1 min	68,13	-2,31	27,81	58,03	-3,38	23,11	50,58	-2,97	18,3
2 min	66,41	-2,79	26,38	57,05	-3,05	22,8	51,52	-2,92	19,08
2 min	66,68	-2,44	28,74	58,01	-3,27	23,69	52,23	-2,79	20,22
2 min	66,04	-2,95	26,8	58,34	-2,92	24,32	51,61	-2,97	19,85

TABELA 22 - Efeito do branqueamento na estabilidade microbiológica da polpa de cupuaçu a temperatura de 90°C por 2 min.

Amostras	Determinações Microbiológicas				
	Contagem padrão	Mofos e leveduras	Coliformes (NMP/g)		
	(UFC/g)	(UFC/g)	35°C	45°C	E. coli
IN NATURA	1,6x10 ²	8,5x10 ²	<3	<3	<3
Aw=0,97	1,4x10 ²	2,2x10 ²	<3	<3	<3
Aw=0,95	4,2x10 ¹	1,3x10 ³	<3	<3	<3

Os testes preliminares indicaram os seguintes obstáculos selecionados para os três diferentes níveis de atividade de água: pH=3,0, 500ppm de benzoato, 400ppm de SO₂ e tratamento térmico de 90°C/2 min (branqueamento). A partir destes parâmetros a polpa de cupuaçu foi avaliada quanto as suas características químicas e físico-químicas, microbiológicas e sensoriais no decorrer de sua vida de prateleira.

4.3 Ensaios Definitivos

4.3.1 Experimento com adição de ácido cítrico

Foram realizadas as análises de acidez total titulável (ATT%) e pH para as polpas submetidas ao tratamento com ácido cítrico.

4.3.1.1 Acidez total titulável (ATT%)

A acidez total titulável (2,27%) obtida para a polpa de cupuaçu, coloca esta fruta entre aquelas consideradas muito ácidas. Este resultado assemelha-se aos valores de 2,15% e 2,35% encontrados por MIRANDA (1989) e DONADIO(1992).

A Figura 14 mostra as curvas de acidez da polpa nos três níveis de Aw submetidas as diferentes concentrações de ácido cítrico. Verificou-se um aumento da acidez total titulável das polpas de cupuaçu em decorrência da ação do ácido cítrico adicionado para promover o abaixamento do pH.

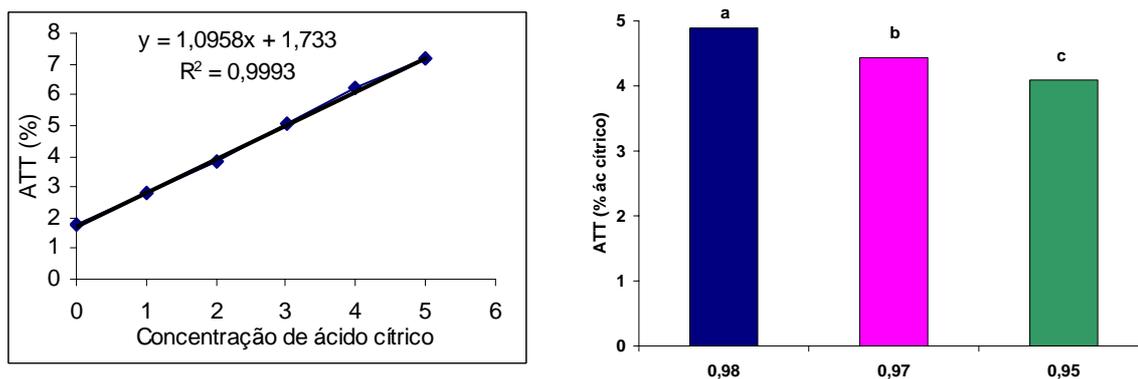


FIGURA -14 - Efeito da adição de ácido cítrico na acidez (ATT%) da polpa de cupuaçu

A polpa “ *in natura*” apresentou um valor médio de 4,89% sendo este valor maior que 4,43% e 4,09%, resultados obtidos para polpa com $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$, respectivamente. As polpas com $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$ têm menor quantidade de polpa em sua formulação, deste modo, há uma maior quantidade de ácidos orgânicos na polpa *in natura* do que as polpas com $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$.

4.3.1.2 pH

A maioria das frutas e de seus produtos apresentaram níveis de pH inferior a 4,0, apresentando uma elevada acidez. O valor de pH obtido para a polpa de cupuaçu foi de 3,34, compatível com os valores apresentados na literatura de 3,45, 3,2 e 3,3, respectivamente, MIRANDA (1989); OLIVEIRA (1981) e DONADIO(1992).

Na Figura 15 pode-se verificar a influência do ácido cítrico no abaixamento do pH da polpa de cupuaçu. Houve um decréscimo de pH da polpa *in natura* de 3,34 para 2,93, 2,85 para a polpa com $A_w=0,97$ e 2,80 para a polpa com $A_w=0,95$. Os valores de pH para as polpas de cupuaçu foram significativos ao nível de 5% de probabilidade.

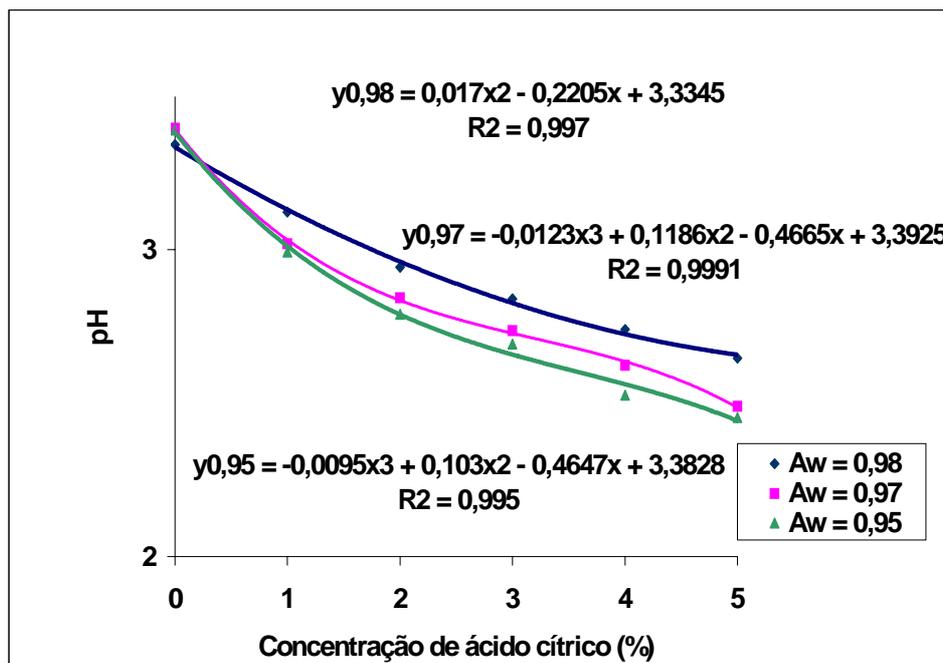


FIGURA 15 - Efeito da adição de ácido cítrico no pH da polpa de cupuaçu.

4.3.2 Experimento com Tratamento Térmico (Branqueamento)

Para o experimento com tratamento térmico foram determinadas as seguintes análises: cor (L^*), sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT%) e atividade de água (A_w).

4.3.2.1 Cor (L^*)

O branqueamento não afetou consideravelmente a cor do produto, entretanto pôde-se notar uma maior tendência ao escurecimento na polpa de cupuaçu com menor A_w . Durante o processo de incorporação de sacarose à polpa foi observado, que logo após a mistura, as polpas apresentaram uma coloração mais escura do que a polpa *in natura*.

Resultados semelhantes foram observados por TORREZAN (1996) com polpa de goiaba conservada por métodos combinados no qual foi verificado as alterações de cor da polpa e foi constatado que a luminosidade (L^*) diminuiu com o aumento do teor de sacarose e, que a polpa *in natura* apresentou também uma menor tendência ao escurecimento.

A Figura 16 mostra os valores de L^* das polpas de cupuaçu com três níveis de A_w ($A_w=0,98, 0,97$ e $0,95$) submetidas ao branqueamento a 90°C por 2 minutos. Os resultados mostraram-se diferentes estatisticamente, ao nível de 5% de probabilidade.

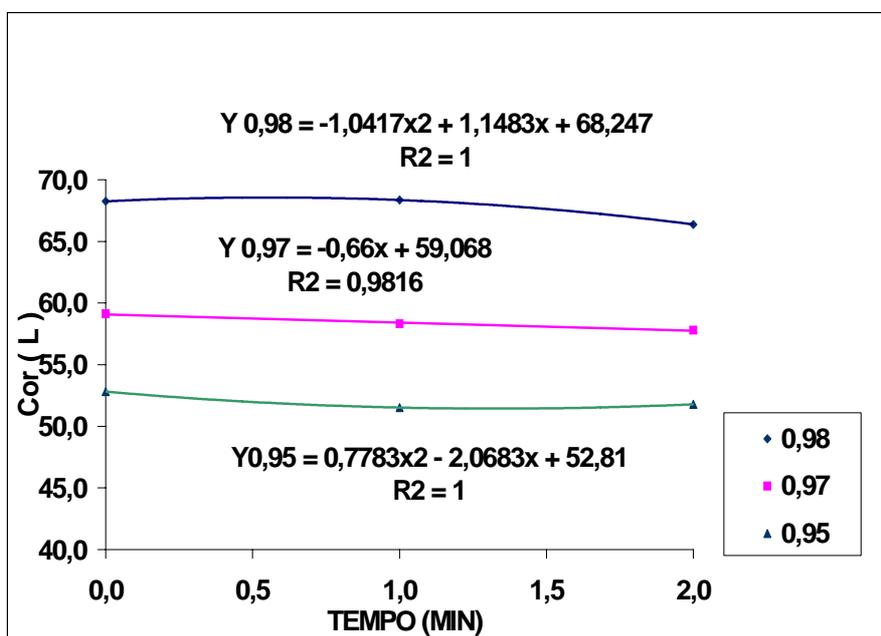


FIGURA 16 - Efeito do branqueamento na cor da polpa de cupuaçu

4.3.2.2 Sólidos solúveis totais

O valor de sólidos solúveis $^\circ\text{Brix}$ obtido para a polpa de cupuaçu (12,5%) se aproxima de 10,8% encontrados por OLIVEIRA, 1981 e DONADIO,1992.

Os teores de sólidos solúveis($^\circ\text{Brix}$) para a polpa *in natura* foi de 9,61 enquanto que os valores obtidos na polpa com $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$ foram

de 32,15 e 41,98, respectivamente. Os resultados apresentaram diferença significativa ao nível de 5%.

Observa-se que a polpa *in natura* possui um teor de sólidos solúveis menor do que as polpas com $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$. Isto é plenamente compreensível visto que nestas polpas foram adicionados 22,5% e 34% de sacarose, respectivamente. A Figura 18 mostra os resultados obtidos de SST no decorrer do tempo.

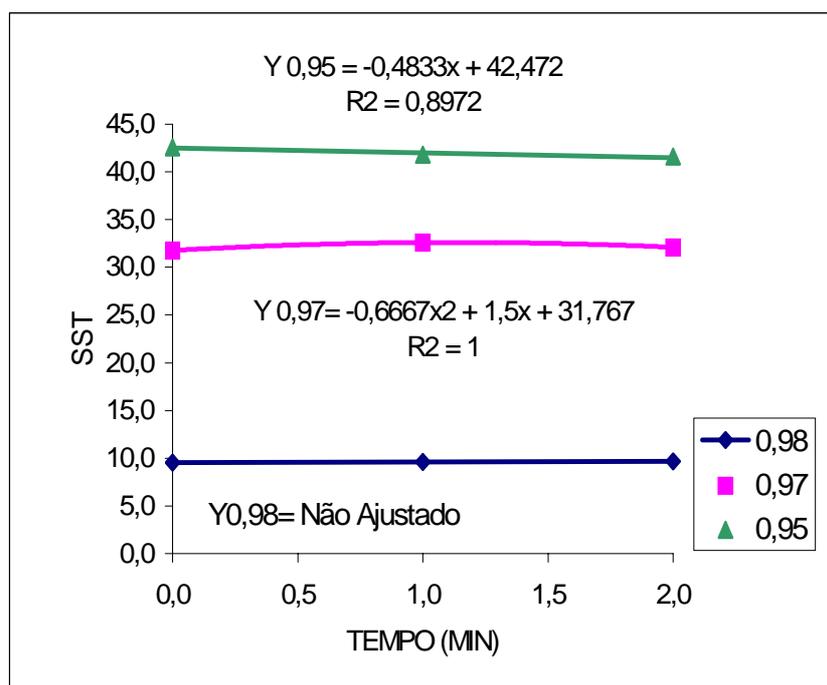


FIGURA 17 - Efeito do branqueamento nos sólidos solúveis da polpa de cupuaçu.

4.3.2.3 Acidez total titulável (%ATT)

Os níveis de acidez apresentaram os seguintes valores: para a polpa *in natura* foi de 1,47 e para as polpas com $A_w=0,98$ e $A_w=0,95$ foram de 0,987 e 1,09, respectivamente.

A análise estatística mostrou que os dados obtidos para a acidez da polpa diferiram significativas quanto ao tratamento empregado. (Figura 18).

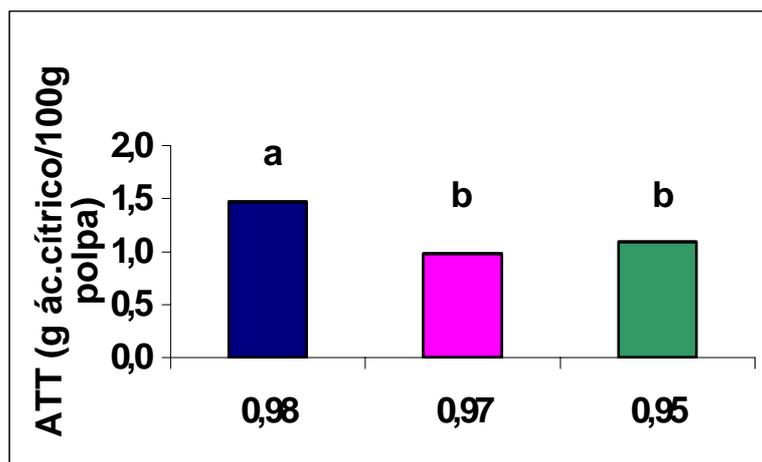


FIGURA 18 - Efeito do branqueamento na acidez total titulável das polpas de cupuaçu.

4.3.2.4 Atividade de água (A_w)

A atividade de água das polpas de cupuaçu, após o processamento, ficou dentro da faixa de valores de 0,900 a 0,970 relatada em literatura para frutos conservados por métodos combinados.

Em trabalhos que utilizaram a tecnologia de métodos combinados como os de ALZAMORA et al.(1989) e GUERRERO, ALZAMORA & GERSCHENSON (1994) a A_w foi reduzida a 0,97. No de LÓPEZ-MALO et al. (1994) a A_w foi reduzida à cerca de 0,96.

Os valores de A_w das polpas de cupuaçu com $A_w=0,98$, 0,97 e 0,95 diferem estatisticamente ao nível de 5% de probabilidade.

Os resultados obtidos para a atividade de água das polpas de cupuaçu são ou aproximam-se de 0,97 (ver Figura 20), portanto, encontram-se na faixa de A_w para PFAU que se estende de 0,94 a 0,98 (TAPIA de DAZA, ALZAMORA & WELTI-CHANES, 1996).

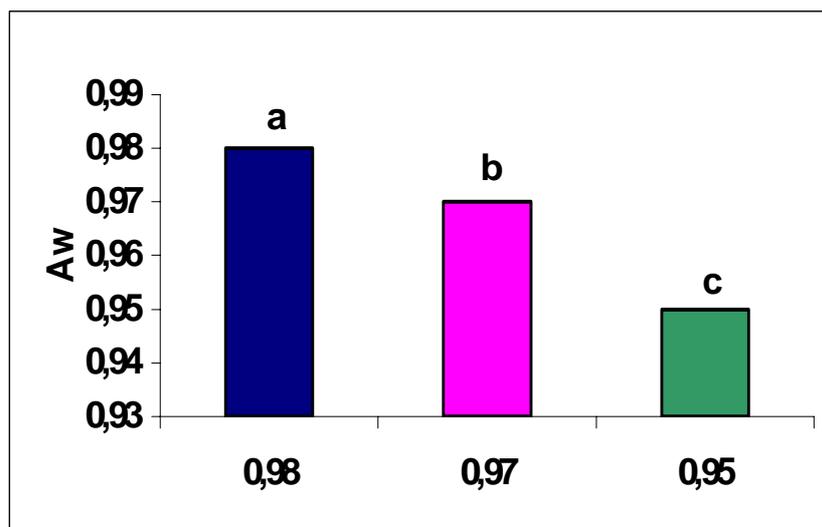


FIGURA 19 - Efeito do branqueamento na atividade de água da polpa de cupuaçu.

4.3.3 Experimento com SO₂ na polpa de cupuaçu

Para o experimento com SO₂ foram determinadas as análises de SO₂ e Cor (L*).

4.3.3.1 Cor (L*)

Os resultados de cor (L*) das polpas de cupuaçu submetidas ao tratamento com SO₂ apresentaram diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de cor (L*) das polpas de cupuaçu decresceram ao longo do tempo de armazenamento. Ao final de 30 dias, foi observado um decaimento no valor de L* e o surgimento de pigmentos escuros em decorrência do escurecimento não enzimático. A polpa in natura (Aw=0,98) apresentou uma menor tendência ao escurecimento em decorrência de seu maior valor de L*, como pode ser verificado na Figura 20.

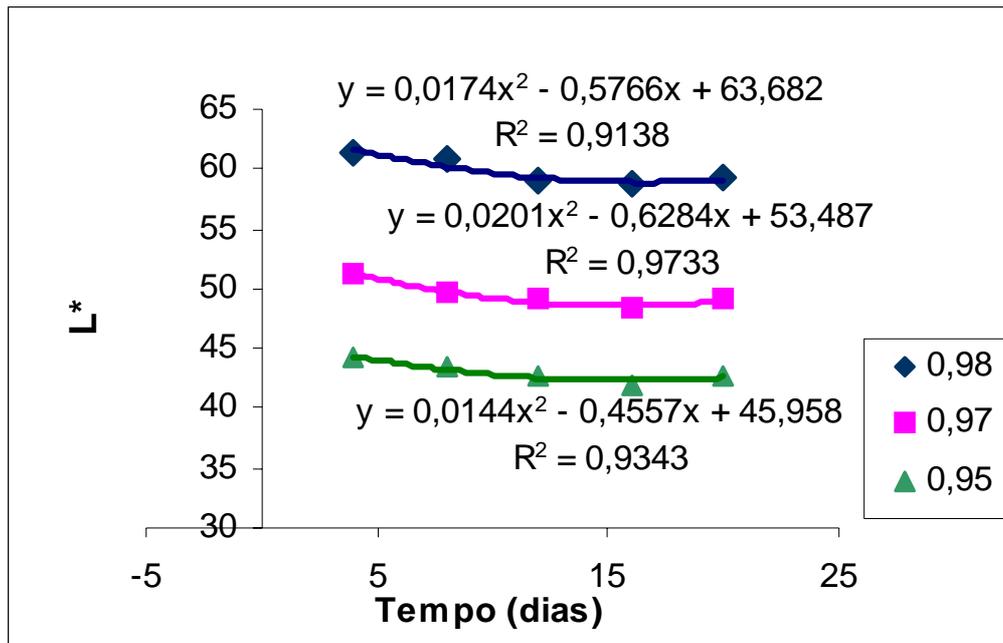


FIGURA 20 - Valores de cor (L^*) da polpa de cupuaçu durante o tempo de armazenagem à temperatura ambiente.

Este resultado justifica-se pelo processo de hidrólise (inversão da sacarose), contribuindo para o surgimento de rotas metabólicas do escurecimento não enzimático (reação de Maillard). A polpa in natura ($A_w=0,98$) em decorrência da ausência de sacarose, se apresentou mais estável, enquanto que a polpa com $A_w=0,95$ apresentou uma maior tendência ao escurecimento.

4.3.3.2 SO_2

Foram observados os valores de SO_2 das polpas de cupuaçu ao longo do tempo de armazenagem. Pôde-se verificar que houve uma rápida

perda de SO_2 em todas as polpas de cupuaçu, principalmente nos primeiros dias.

Os valores de SO_2 apresentados no gráfico tiveram comportamento diferente, visto que a absorção de dióxido de enxofre pela polpa foi maior na polpa in natura do que nas polpas com $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$, respectivamente. Ver Figura 21.

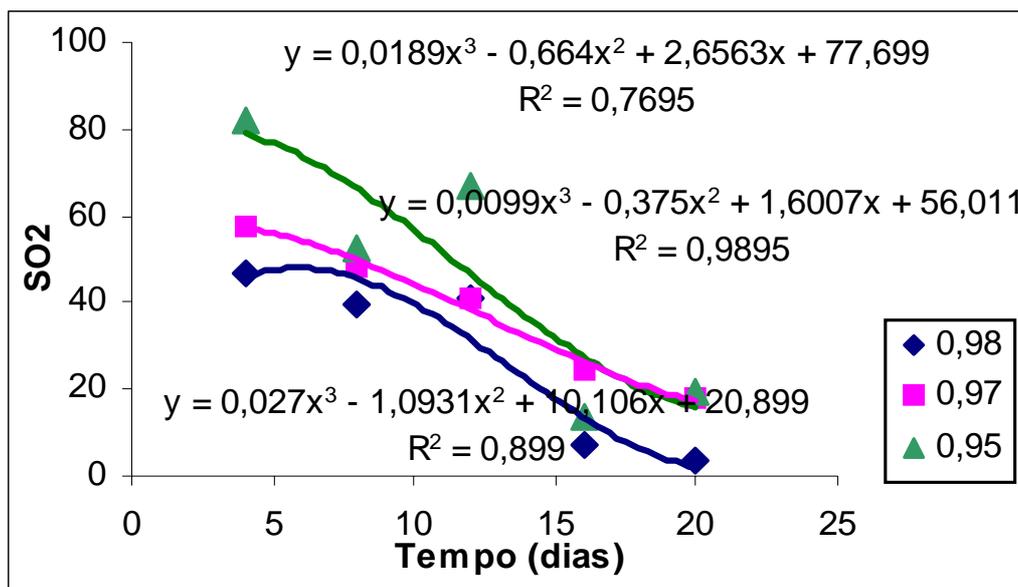


FIGURA 21 - Valores de SO_2 da polpa de cupuaçu durante o tempo de armazenagem à temperatura ambiente.

A distribuição da forma livre de SO_2 entre suas várias formas é largamente independente do modo como ele é adicionado ao sistema, mas depende do pH, concentração e atividade de água (WEDZICHA,1987).

O destino do SO_2 depende fortemente da natureza química do alimento, tipo de processo, duração e condições de estocagem (LÓPEZ MALO,1994).

BOHG-SORENSEN,1997 comenta que reatividade do dióxido de enxofre (SO₂) é muito alta, e durante a estocagem e o processamento (tratamento térmico) freqüentemente ocorrem perdas consideráveis.

4.4 Avaliação final da polpa de cupuaçu

4.4.1 Características físico-químicas da polpa de cupuaçu

As Tabelas 23, 24 e 25 apresentam os resultados das análises físico-químicas e químicas da polpa de cupuaçu conservada por métodos combinados, realizadas durante a armazenagem, para estudo da vida de prateleira desse produto.

TABELA 23 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,98$ (*in natura*) conservada por métodos combinados durante 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C}\pm 2$).

POLPA IN NATURA ($A_w=0,98$)					
ANÁLISES	TEMPOS				
	0	30	60	90	120
pH	3,73	3,59	3,56	3,55	3,60
°Brix	9,97	10,16	9,63	10,77	11,3
Acidez	1,47	1,47	1,59	1,62	1,53
Aw	0,978	0,972	0,973	0,982	0,986
Cor (L*)	69,18	66,72	64,37	60,29	66,72

TABELA 24 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,97$ (com 22,5% de sacarose) conservada por métodos combinados durante 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C}\pm 2$).

POLPA IN NATURA ($A_w=0,97$)					
ANÁLISES	TEMPOS				
	0	30	60	90	120
pH	3,73	3,54	3,53	3,52	3,52
°Brix	31,4	32,23	32,43	21,4	32,9
Acidez	1,11	1,11	1,20	1,21	1,22
A_w	0,962	0,949	0,949	0,950	0,949
Cor (L^*)	59,89	55,81	53,19	53,43	55,81

TABELA 25 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,95$ (com 34% de sacarose) conservada por métodos combinados durante 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C}\pm 2$).

POLPA IN NATURA ($A_w=0,95$)					
ANÁLISES	TEMPOS				
	0	30	60	90	120
pH	3,73	3,55	3,56	3,48	3,51
°Brix	42,0	42,63	42,77	43,9	44,3
Acidez	1,32	1,32	1,02	1,03	1,01
A_w	0,946	0,922	0,929	0,937	0,925
Cor (L^*)	53,72	54,2	48,87	48,80	54,2

Os valores obtidos para o pH permaneceram constantes ao longo do período de estocagem, com exceção apenas do tempo inicial (zero) que apresentou um pH ligeiramente superior aos demais. Estes resultados foram observados nas polpas com $A_w=0,98$, $A_w=0,97$ e $A_w=0,95$.

Em relação aos teores de sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), verifica-se que estes apresentaram-se relativamente estáveis durante o tempo de armazenagem, ressaltando, entretanto, que aos 120 dias foi detectado o maior valor para esta determinação.

Os percentuais de acidez titulável total mostraram-se relativamente uniformes, ao longo do armazenamento.

Quanto a atividade de água (A_w), verificou-se um comportamento semelhante com tendência à redução, ao longo do tempo de armazenagem.

Com relação a cor, (L^*), observou-se ao longo do tempo de armazenagem, uma gradativa diminuição nos valores de L^* e, por conseqüência, o aparecimento de pigmentos escuros. Referido escurecimento justifica-se em parte pelas mesmas considerações já feitas em relação ao escurecimento não enzimático.

As polpas de cupuaçu com diferentes níveis de A_w apresentaram uma mudança na cor a partir de 30 dias. Houve um escurecimento gradativo das polpas, sendo este mais acentuado na polpa com $A_w=0,95$, $A_w=0,97$ e $A_w=0,98$, respectivamente.

4.4.2 Características microbiológicas da polpa de cupuaçu

As Tabelas 26, 27 e 28 apresentam os resultados das análises microbiológicas da polpa de cupuaçu conservada por métodos combinados, realizadas durante a armazenagem de 120 dias.

TABELA 26 - Resultados microbiológicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,98$ (*in natura*) conservada por métodos combinados durante 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente ($28^{\circ}\text{C}\pm 2$).

POLPA IN NATURA ($A_w=0,98$)					
ANÁLISES	TEMPOS				
	0	30	60	90	120
Mofos e leveduras (UFC/g)	$8,5 \times 10^2$	<100	<100	<100	<100
Contagem padrão (UFC/g)	$1,6 \times 10^2$	$1,6 \times 10^3$	$7,1 \times 10^2$	<10	$\geq 6.500 \times 10^1$
Coliformes (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3

TABELA 27 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,97$ (com 22,5% de sacarose) conservada por métodos combinados durante 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente ($28^\circ\text{C}\pm 2$).

ANÁLISES	POLPA IN NATURA ($A_w=0,97$)				
	TEMPOS				
	0	30	60	90	120
Mofos e leveduras (UFC/g)	$1,3 \times 10^3$	<100	<100	<100	<100
Contagem padrão (UFC/g)	$4,2 \times 10^1$	$1,1 \times 10^3$	$1,8 \times 10^2$	9×10^3	$6,75 \times 10^1$
Coliformes (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3

TABELA 28 - Resultados físico-químicos da vida de prateleira da polpa de cupuaçu com $A_w=0,95$ (com 34% de sacarose) conservada por métodos combinados durante 120 dias de armazenagem à temperatura ambiente ($28^\circ\text{C}\pm 2$).

ANÁLISES	POLPA IN NATURA ($A_w=0,95$)				
	TEMPOS				
	0	30	60	90	120
Mofos e leveduras (UFC/g)	$1,3 \times 10^3$	<100	<100	<100	<100
Contagem padrão (UFC/g)	$1,4 \times 10^2$	$6,5 \times 10^3$	$7,9 \times 10^2$	9×10^1	$\geq 6500 \times 10^1$
Coliformes (NMP/g)	<3	<3	<3	<3	<3

Os valores obtidos mostram que as condições de higiene foram mantidas e que houve redução da carga microbiana inicial, o que se enquadra perfeitamente na Instrução Normativa de nº 1 de 07/02/00, do Ministério da Agricultura e Abastecimento, que descreve os parâmetros para coliformes no máximo 1 e mofos e leveduras: 2×10^3 para polpa preservada quimicamente e/ou que sofreu tratamento térmico.

Em face da reduzida resistência térmica dos microrganismos, capazes de se desenvolver em pH inferior a 4,0, o processo de conservação aplicado nos insinua sua eficiência no controle microbiano.

O benzoato com o dióxido de enxofre é um exemplo de específica combinação sinergista. Quando tal combinação é empregada, baixas concentrações de cada um são necessárias para efetiva preservação do alimento, ICMSF (1988).

ALZAMORA et al (1989) relataram que o processo de branqueamento reduziu bastante a carga microbiana de leveduras e mofos e aeróbios mesófilos, em abacaxi.

4.5 Néctar de Cupuaçu - Experimentos

No desenvolvimento da formulação dos néctares de cupuaçu foi utilizada a polpa conservada por métodos combinados, tendo como obstáculos: a redução da atividade de água para a faixa de 0,98; 0,97 e 0,95, pH de 3,0, incorporação de agente anti-microbiano benzoato de sódio na concentração de 500 ppm e anti-oxidante (SO_2) na concentração de 400 ppm e branqueamento a 90°C por 2min; sendo estes obstáculos característicos da conservação de produtos de frutas por métodos combinados.

A partir desta polpa foi desenvolvido três formulações de néctares com $A_w = 0,98$, 0,97 e 0,95 no qual foi definido um percentual de 20% de polpa e a adição de sacarose e água necessárias para a obtenção de um valor final

de 15°Brix. Após esta etapa os néctares foram submetidos a um tratamento térmico de 90°C por 2 min e acondicionados em garrafas de vidro (260ml) pelo processo de enchimento a quente (hot fill) e imediatamente resfriados em água corrente a 25°C. Os néctares foram armazenados em refrigeração para serem degustados posteriormente através de uma análise sensorial.

Os néctares foram avaliados em suas características de pH, sólidos solúveis(°Brix) e acidez total titulável(ATT%), conforme as normas do IAL (1985); Aw em aparelho Aqua-lab CX-2; cor – valor de L em colorímetro Minolta e análises microbiológicas mediante a contagem de bolores e leveduras e bactérias aeróbias e mesófilas de acordo com ICMSF (1992). A análise sensorial foi realizada através da análise de variância pelo programa estatístico SISVAR, utilizando o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os néctares elaborados a partir das polpas com Aw=0,98 (in natura), Aw=0,97 e Aw=0,95 apresentaram características químicas e físico-químicas médias de pH=3,0; 15°Brix, ATT%=0,31, conforme verifica-se na tabela 29.

TABELA 29 - Resultados das características de pH, acidez, brix e cor(L*) dos néctares de cupuaçu obtidos da polpa conservada por métodos combinados.

Amostras	pH	Brix	Acidez	Cor
Aw=0,98	3,66	15,56	0,97	52,42
Aw=0,97	3,70	15,13	0,96	52,39
Aw=0,95	3,71	15,03	0,94	53,80

Quanto aos resultados de pH, acidez, °Brix e cor dos néctares as modificações foram consideradas mínimas, indicando a satisfatoriedade do

processo. Foi observada diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Os néctares obtidos a partir da polpa in natura ($A_w=0,98$) apresentaram características microbiológicas médias de bolores e leveduras de $8,5 \times 10^5$, contagem padrão de $1,6 \times 10^2$ e coliformes < 3 . Os resultados microbiológicos foram adequados para todas as amostras de polpa, conforme observa-se na tabela 30.

TABELA 30 – Resultados das características microbiológicas dos néctares de cupuaçu obtidos da polpa conservada por métodos combinados.

Amostras	Determinação				
	Contagem Total	Mofos e leveduras	Coliformes		
	X	X	35	45	E.coli
$A_w= 0,98$	$1,6 \times 10^2$	$8,5 \times 10^2$	< 3	< 3	< 3
$A_w= 0,97$	$4,2 \times 10^1$	$1,3 \times 10^3$	< 3	< 3	< 3
$A_w= 0,95$	$1,4 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$	< 3	< 3	< 3

Com relação aos valores de L do acompanhamento do escurecimento dos néctares verificou-se uma maior tendência (menor valor de L) para a amostra com menor atividade de água. Esta tendência ao escurecimento pode estar relacionada à adição de sacarose à polpa associada a sua acidez e pH baixo, de modo a favorecer o processo de hidrólise no decorrer da armazenagem, criando assim condições adequadas ao surgimento de rotas de escurecimento não-enzimático.

Os resultados estatísticos mostram que as amostras diferiram estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey, conforme a tabela 31.

TABELA 31 – Resultados da característica de cor (L^*) dos néctares de cupuaçu obtidos da polpa conservada por métodos combinados.

Amostras	Determinação		
	L	A	b
Aw= 0,98	52,42	-3,14	12
Aw= 0,97	52,39	-3,29	12,29
Aw= 0,95	53,82	-3,23	11,47

A avaliação sensorial dos néctares de cupuaçu foi realizada de acordo com a ficha sensorial a seguir representada (Figura 23), com o objetivo de se determinar a preferência e a aceitabilidade do produto por prováveis consumidores.

F I C H A S E N S O R I A L

NOME:

DATA:

Você vai provar 1 (uma) amostra de néctar de cupuaçu. Assinale o quanto você gostou ou desgostou do produto, na escala abaixo:

AMOSTRA N° _____

- Gostei muitíssimo
- Gostei muito
- Gostei moderadamente
- Gostei ligeiramente
- Não gostei nem desgostei
- Desgostei ligeiramente
- Desgostei moderadamente
- Desgostei muito
- Desgostei muitíssimo

Agora, descreva o que você mais gostou e o que menos gostou na amostra

MAIS GOSTOU: _____

MENOS GOSTOU: _____

Figura 22 – Ficha (Escala Hedônica) utilizada na análise sensorial.

Na tabela 32 observou-se que na avaliação sensorial dos néctares com a polpa de $A_w = 0,98$, $0,97$ e $0,95$ houve uma semelhança entre as notas atribuídas pelos provadores e na avaliação estatística as amostras não apresentaram diferença significativa pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 32 – Valores das notas atribuídas aos néctares de cupuaçu com a polpa de $A_w = 0,98$, $0,97$ e $0,95$.

Amostras	Notas
$A_w = 0,98$	7,33
$A_w = 0,97$	7,4
$A_w = 0,95$	7,36

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos nas condições experimentais do presente trabalho, conclui-se que:

O processamento para a conservação da polpa de cupuaçu foi conduzido dentro de condições higiênico-sanitárias satisfatórias, uma vez que não foi evidenciado o crescimento de microorganismos capazes de causar alterações nas polpas de cupuaçu.

Em virtude da ocorrência de escurecimento gradativo da polpa de cupuaçu durante o armazenamento, sugerem-se outras pesquisas visando equacionar tal problema, de modo que seja conferida ao produto uma estabilidade na cor e na aceitação pelo consumidor.

O néctar elaborado a partir da polpa conservada por métodos combinados apresentou uma boa aceitabilidade por parte dos provadores. O mesmo adquiriu ainda, um comportamento organoléptico excelente, apresentando uma coloração característica, não apresentando significativas alterações de cor e odor.

Em face deste exposto, pode-se dizer que o tratamento térmico ao qual foi submetido os néctares, não promoveu modificações relevantes na constituição química dos componentes responsáveis pelo aroma; e que os aditivos utilizados não interferiram no flavor do produto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISON, G. O.; TAVARES, R. M. Observações sobre as espécies do gênero *Theobroma* que ocorrem na Amazônia. **Bol. Téc. Do Inst. Agrô. do Norte**, n.25, p p.1-20, 1961.

AGUILERA, J.M, PARADA, E. Cytod AHI: An Ibero American project on intermediate moisture foods and combined methods technology. *Food Research International*, Oxford, v. 25, n.2, p.159-165,1992.

ALZAMORA, S.M.; et al. Shelf-stable pineapple for long-term non-refrigerated storage. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, Londres, v. 22, n.5, p.233-236, 1989.

ALZAMORA,S.M.; ARGAIZ,A.,WELTI,J. Fruit preservation by combined factors. *Food Res. Inter* (submitted),1992. In: AGUILERA,J.M., PARADA,. Cited AHI: An Ibero- American project on intermediate moisture foods and combinedmethodstechnology. *Food Research International*, Oxford, v.25, n. 2, p.159-165, 1992.

ALZAMORA,S.M.; et al. Application of combined methods technology in minimally processed fruit. *Food Research International*, Oxford, v.26, n.2, p.125-130, 1993.

ALZAMORA,S.M.; et al. Minimally processed fruits by combined methods. In: BARBOSA-CÁNOVAS,G.V.; WELTI-CHANES,J.(Eds): *Food preservation by moisture control: fundamentals and applications. ISOPOW Practicum II*. Lancaster, PA: Technomics publishing Co., p. 463-492, 1995.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 3. ed. Washington, 1992, 941p.

A O A C. Oficial Methods of Analysis of the Association of Oficial Analytical Chemistry. 12 ed. Washington, 1992.

ARAÚJO, J M.A. Química de Alimentos: teoria e prática. Viçosa. Imprensa universitária, 1995. p.416.

ARGAIZ, A; LOPÉZ-MALO., WELTI, J. Conservación de frutas por factores combinados.I. papaya y piña. Programa CYTED-D-V Centenário. Desarrollo de alimentos de humedad intermedia importantes para Iberoamérica. Subprograma Tratamiento y Conservación de Alimentos. Boletin de Divulgación de los Grupos Mexicanos. México, v.4, n.9, 1991.

BARBOSA, W. C., DE NAZARÉ, R.F.R., NAGATA, de I. Estudos físicos e químicos de frutos: bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) e murici (*Byrsonima crassifolia*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, v.5, p.797-808,1979.

BOBBIO, P.A.,BOBBIO, F.O. Química de processamento de alimentos. 2 ed . São Paulo: Varela, 1992. 151p.

BOGH-SORENSEN,L.Discription of hurdles.In: LEISTNER, L., GORRIS, L.G.M. Food preservation by combined processes. final report, FLAIR Concerted Action N° 7, Subgroup B. Internet Word 6.0 Version., 1997. p. 8-25.

BONE,D.P.Water activity in intermediate moisture foods:developing shelf-stable formulations compatible with flavor, texture, and other aspects of food is a challenge to the food technologist. Food Technology, Chicago, v.27, n.4, p.71-76, 1973.

CALZAVARA, B.B.G.;MULLER,C.H.; KAHWAGE,O.N.C. Fruticultura tropical: O cupuaçuzeiro. Cultivo, beneficiamento e utilização do fruto. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1984.

CAVALCANTE, P.B. Frutas comestíveis da Amazônia, 4. ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi: Souza Cruz, 1988.

CAVALCANTE, P.B. Frutas comestíveis da Amazônia. 5. ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goeldi: CNPq, 1991. 279 p.

CENSO AGROPECUÁRIO, 1996 - IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabl>. Acesso em 1997.

CLEMENT, C.R.; VENTURIERI, G.A. Bacuri and cupuassu. In: NAGY, S., SHAW, P.E.; WARDOWSKI, W. (Ed.). Fruits of tropical and subtropical Origin: composition, properties, uses. Flórida: Science Source, 1990. p. 178-192.

CHAAR, J.M. Composição do cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum) e conservação de seu néctar por meios físicos e químicos. Tese (Mestrado) - Univ. Fed. Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1980.

CHIRIFE, J.; BOQUET, R.; IGLESIAS, H.A. The mathematical description of water sorption isotherm of foods in the high range of water activity. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, Londres, v.12, n.3, p. 150, 1979.

CHIRIFE, J. Physicochemical aspects of food preservation by combined factors. Food Control. Oxford, v.4, n.4, p.210-215, 1993.

CHIRIFE, J., FERRO FONTAN, C., BENMERGUI, E. A. The prediction of water activity of aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods IV. Aw prediction in aqueous non-electrolyte solution. Journal of Food Technology, v.15, n. 59, 1987.

CHIRIFE, J., FERRO FONTAN, C. Prediction of water activity of aqueous solutions in connection with intermediate moisture foods: experimental

investigation of the aw lowering behavior of sodium lactate and some related compounds. *Journal of Food Science*, v.45, p. 802-804, 1980.

CHIRIFE, J., et al. Mummification in ancient Egypt: an old example of tissue preservation by hurdle technology. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, Londres, v.24,n.1, p.9-11,1991.

CHIRIFE, J.; FAVETO, G. J. Some physico-chemical basis of food preservation by combined methods. *Food Research International*, Oxford, v.25, n.5, p.389-396, 1992.

CHRISTIAN, J. H. B. Specific solute effect on microbial water relations. In: ROCKLAND, L. B. & STEWART, G. F. " Water activity: influences on food quality, Academic Press, New York, p 825-854, 1981.

CORRÊA, M.P. 1926/1969. *Dicionário das Plantas Úteis do Brasil*. Rio de Janeiro: IBDF, [1969]. 6 v.

CUATRECASAS, J. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. *Contrib. US Nat. Herb.* , Belém, v.35, p.379-614, 1964.

CUNHA, A.G. *Dicionário histórico das palavras portuguesas de origem Tupi*. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos: EDUSP, 1978.

DONÁDIO, L.C ; *Frutos para exportação: aspectos técnicos da produção*: Brasília: DENACOOB; 1992. 109p.

DUCKE, A. As espécies brasileiras do gênero *Theobroma* L. *Bol. Téc. Inst. Agrôn. Norte*, Belém, v.28, p.1-89, 1953.

EVANGELISTA, J. *Tecnologia de alimentos*. 2.ed. São Paulo: Atheneu, 1992.p.652.

FONDERFRU. Estudo de comercialização de frutas frescas a nível nacional. Fondo de Desarrollo Fruticolas, Caracas, Venezuela, FONDERFRU (1986).

FOX, M.; LONCIN, M. Investigations into the microbiological stability of water-rich foods processed by a combination of methods. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, Londres, v.15, n.6, p.321-325, 1982.

GARCÍA, P., et al. Cubitos y tajadas de mango conservados por métodos combinados. Selección de alternativas. *Alimentaria*, p.75-81, ene./feb. 1998.

GOULD, G.W.; RUSSEL, N. J. Sulphite. In: RUSSEL, N. J, GOULD, G.W. *Food Preservatives*. New York: AVI book published, 1991. p. 72-88.

GUERRA, M. S. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco - I. *Rev. Brasil. de Genética*, v.9, n.1, p.21-40, 1986.

HENGENBART, S. Exploring dimensions in intermediate moisture foods. *Food Product Design*. v.3, n.4, p.28, 1993.

HOLLAND, G. Overview of intermediate moisture foods and markets. *Journal Institute Canadian Science Technology Alimente*, Ottawa, v.19, n.2, p.vi-xii, 1986.

HUNTER, R. S. *The instruments of appearance*. New York: John Wiley and Son, 1975.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Produção agrícola regional: culturas temporárias e permanentes*. Rio de Janeiro, 1996.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos*. 3 ed. São Paulo, 1985, v.1, 533p.

JAYARAMAN, K. S. Development of intermediate moisture tropical fruits and vegetables products. Technological problems and Prospects. In: Food preservation by moisture control. Seow, CC (Ed.). Essex, UK: Elsevier Applied Science, 1988. p.175.

JARDIM, D. C. P. Uso dos métodos combinados para a produção de alimentos. In: AGUIRRE, J. M de.; GASPARINO FILHO, J. (coord.). Desidratação de frutas e hortaliças. Campinas, ITAL, 1996. p.71-76. (Manual Técnico).

JONES, H. F., BECKETT, S.T. Fruits and vegetables. In: BECKETT, S.T. Physicochemical aspects of food processing. London: Chapman & Hall, p. 292-314, 1995.

KAPLOW, M. Comercial development of intermediate moisture foods. Food Technology, Chicago, v.24, n.8, p.53-57, 1970.

LABUZA, T. P. The properties of water in relationship to water binding in food: a review. Journal of Food Processing and Preservation, Westport, v.1, n.2, p.167-190, 1977.

LE COINTE, P. Árvore e plantas úteis da Amazônia: Belém: Livraria Clássica, 1934. p. 145-46. (Amazônia Brasileira, 3).

LEISTNER, L., RODEL, W. The kinetics of nonenzimatic browning. In: SCHWARTZBERG, H. G.; HARTEL, R .W. Physical chemistry of foods. Marcel Dekker, New York, p.595-649, 1992.

_____. Microbiology of intermediate moisture foods. In: Proc. Int. Meet. On Food Microbiology and Technology, ed. B.Jarvis, J.H. B. Christian e H.D. Michemer. Medicina Viva Servizio Congressi, Parma, 1978.

LEISTNER, L.; RODEL, W., KRISPIEN, K. Microbiology of meat and meat products in high-and intermediate moisture ranges. In: ROCKLAND, L.;

STEWART, G. F. (Eds). Water Activity: influences on food quality. New York: Academic Press Inc, 1981. p.855-916.

LEISTNER, L. Food preservation by combined methods. Food Research International, Oxford, v.25, n.2 , p.151-158,1992.

LEISTNER, L. Introduction to hurdle technology. In: LEISTNER, L.; GORRIS, L.G.M. Food preservation by combined processes: final report. FLAIR Concerted Action N°7, Subgroup B. Internet Word 6.0 Version - 1997. p. 2-7.

LEISTNER, L.; GORRIS, G.M. Food preservation by hurdle technology. Trends in Food Science & Technology, Cambridge, v.6, n.2, p.41-46, 1995.

LEUNG, H.K. Water activity and other colligative properties of food. In: OKOS, M.R. Physical and chemical properties of food. Michigan: American Society of Agricultural Engineers. p.138-185, 1986.

LÓPEZ-MALO, A., Shelf stable high moisture papaya minimally processed by combined methods. Food Research Internacional, Oxford, v.27, n. 6 , p.545-553,1994.

MILLER,G.L. Use of dinitrosalicycle acid reagent for determination of reducing sugars. Analytical Chemistry, Washington, n.31, p. 26-248, 1959.

MIRANDA,R.M Conservação da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum* Schum.) com o uso do frio. Tese de Mestrado INPA/fund. Universidade do Amazonas, Manaus, 1989

MONSALVE-GONZÁLEZ, A., BARBOSA-CÁNOVAS, G. V., CAVALIERI, R. P. Mass transfer and textural changes during processing apples by combined methods. Journal of Food Science, Chicago, v.58, n. 5, p.118-124, 1993.

MONTEIRO, C.L.B. Técnicas de avaliação sensorial. 2. ed. Curitiba: UFPR/CEPPA, 1984.101 p.

MORAES, M.A.C. Métodos para avaliação sensorial dos alimentos. 6. ed. Campinas: UNICAMP, 1988.

NAZARÉ, R. F. R. de; BARBOSA, W.C.; VIÉGAS, R. M. F. Processamento das sementes de cupuaçu para a obtenção de cupulate. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1990. (Boletim de Pesquisa,108).

NORRISH, R. S. An equation for the activity coefficients and equilibrium relative humidities of water in confectionery syrups. Journal Food Technology, v.1, p. 25-39, 1966.

PESCE, C. Oleoginosas da Amazônia. Belém: Of. Gráf. da Rev. da Veterinária, p. 100-102, 1941.

PURSEGLOVE, J.W. Tropical crops-Dicotyledons, vol.I. Longman Green London. 322 p, 1968.

REINHARD, D.H. Avanços tecnológicos na fruticultura tropical. Informativo da Sociedade Brasileira de Fruticultura. Brasília: v.15, n.4, p.18-21,1996.

ROBACH, M.C. Use of preservatives to control microorganisms in food. Food Technology, Chicago, v.34, n. 10, p.81-84,1980.

ROCKLAND, L.B.; NISHI, S.K. Influence of water activity on food product quality and stability. Food Technology, Chicago, v.34, n.4, p.42-59, 1980.

ROSS, K.D. Estimation of water activity in intermediate moisture foods. Food Technology, Chicago, v.29, n.3, p.26-34, 1975.

SAJUR, S. Préconservación de duraznos por métodos combinados. MS Thesis, (Universidad nacional de Mar del Plata, Argentina,1985).

SALGUERO, J.F. Aplicaciones de los factores de conservación a los productos cárnicos. In: MAUPOEY, P.F.; GRAU, A.A.; BOIX, A.C. Aplicacion de fatores combinados en la conservacion de alimentos. Valencia: Servicio de Publicaciones, p. 133-154, 1994.

SAS Institute. SAS user's guide: statistics., Cary, NC, 1985. (Version 5).

SILVA, A. Q.; SILVA, H. Teores de nutrientes em cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 8., 1986. Anais... p. 269-272. Nota Técnica.

TAOUKIS, P. S.; BREENE, W. M.; LABUZA, T. P. Intermediate moisture foods. In: POMERANZ, Y. (ed). Advanced in cereal science and technology, St. Paul: POMERANZ, Y, v.9, p.91-128, 1988.

TAPIA, M. S.; ELGUEZÁBAL, L. G.; DIAS, R. V. Ecologia microbiana de alimentos conservados por métodos combinados. In: MAUPOEY, P. F.; GRAU, A. A.; BOIX, A. C. Aplicacion de fatores combinados en la conservacion de alimentos. Valencia: Servicio de Publicaciones, p. 59-84, 1994.

TAPIA de DAZA, M.S.; ALZAMORA, S.M.; WELTI CHANES, J. Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition., v.36, n.6, p.629-659, 1996.

TORREZAN,R.; JARDINE, J G.; VITALI, A. A. Preservação de alimentos com o uso de métodos combinados: uma revisão. Boletim do SBCTA, Campinas, v. 31, n. 2, p.214-228, jul/dez, 1997.

TORREZAN, R. Preservação de polpa de goiaba por métodos combinados. Campinas, 1996. 211p. [Tese de Mestrado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas].

TOLEDO, R. T. Fundamentals of food process engineering. (2.ed.) New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

TROLLER, J. A. Influence of water activity on microorganisms in foods. Food Technology, Chicago , v.34, n.5, p.76-82, 1980.

UBOLDI EIROA, M. N. Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: AGUIRRE, J.M de .; GASPARINO FILHO, J. (Coord.). Desidratação de frutas e hortaliças. Campinas: ITAL, 1996. p.6.1-6.26. (Manual técnico).

VAAMONDE,G;CHIRIFE,J.,SCORZA,O.C. An examination of the minimal water activity for *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 growth in laboratory media adjusted with less conventional solutes. Journal Food Science , Chicago, v. 47, p.1259, 1982.

VAN DEN BERG,C.,BRUIN,S. Water activity and its estimation in food systems: theoretical aspects. In: ROCKLAND, L.B., STEWART,G.F. Water activity: influences on food quality. New York: Academic Press, p.1-61, 1981.

VENTURIERI, G. A.; ALVES, M. L. B.; NOGUEIRA, M. D. O cultivo do cupuaçuzeiro. Informativo Soc. Bras. Frutic., v.4, n.1, p.15-17, 1985.

VENTURIERI, G. A. ; AGUIAR, J. P. L. Composição do chocolate de amêndoas de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). Acta Amazônia , v. 18, n. 42, p.3-8, 1988.

VENTURIERI, G. A. Cupuaçu: a espécie, sua cultura, usos e processamento. Belém: Clube do cupu, 1993. p. 108.

VEGA-MERCADO, H.; et al. Cambios fisico-quimicos que ocurren durante el procesado y almacenamiento de alimentos conservados por factores combinados. In: MAUPOEY, P.F.; GRAU, A.A.; BOIX, A.C. Aplicacion de factores combinados en la conservacion de alimentos. Valencia: Servicio de Publicaciones, p.107-131,1994.

VILLACHICA, H. Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia. Lima: TCA, 1996, 367p.

WEDICHA, B.L. Review: Chemistry of sulphur dioxide in vegetable dehydration. International Journal of Food Science and Technology, 22: 433-450, 1987.

WELTI, J. ; VERGARA, F. Interacciones agua-sustrato, actividad de agua (aw): concepto termodinámico, medida y predicción. In: MAUPOEY, P. F.; GRAU, A. A. ; BOIX, A. C. Aplicación de factores combinados en la conservación de alimentos, Valencia: Servicio de Publicaciones, p.27-57, 1994.

ANEXOS

TABELA 1A - Quadrados médios das análises de variância para as características de pH e acidez (ATT) apresentadas das três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes Aw (Aw=0,98; 0,97 e 0,95) submetidas ao tratamento com ácido cítrico (ác.cítrico).

Causas da variação	GL	QM	
		pH	1. Acidez
Aw	2	0,0809**	2,9195**
Ácido cítrico	5	0,8525**	37,8509**
Aw x ác.cít	10	0,0073**	0,0331 ^{ns}
Ác.cít dentro de Aw₁			
Regressão linear	1	0,9615**	
Regressão quadrática	1	0,0325**	
Regressão cúbica	1	0,0025**	
Desvio de regressão	2	0,0005**	
Ác.cít dentro de Aw₂			
Regressão linear	1	1,4567**	
Regressão quadrática	1	0,0772**	
Regressão cúbica	1	0,0295**	
Desvio de regressão	2	0,0007*	
Ác.cít dentro de Aw₃			
Regressão linear	1	1,6368**	
Regressão quadrática	1	0,1110**	
Regressão cúbica	1	0,0177**	
Desvio de regressão	2	0,0044 ^{ns}	
Resíduos	36	0,0000	0,0174 ^{ns}
CV(%)		0,3289	2,9503

*, **, ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo de probabilidade pelo teste F.

TABELA 2A - Quadrados médios das análises de variância para as características de cor, sólidos solúveis, acidez e atividade de água apresentadas das três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes Aw (Aw=0,98,0,97 e 0,95) submetidas ao tratamento térmico (branqueamento).

Causas da variação	QM				
	GL	COR	SST	ATT	Aw
Aw	2	555,1953**	2479,9004**	0,5983**	0,0034**
Tempo(t)	2	4,4418**	0,1204 ^{ns}	0,0049 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
Aw x T	4	0,9942*	0,6015**	0,0037 ^{ns}	0,0000 ^{ns}
T dentro de Aw₁					
Regressão linear	1	5,2453**	0,0267 ^{ns}		
Regressão quadrática	1	2,1701*	0,0022 ^{ns}		
T dentro de Aw₂					
Regressão linear	1	2,6136*	0,1667 ^{ns}		
Regressão Quadrática	1	0,0491 ^{ns}	0,8889*		
T dentro de Aw₃					
Regressão linear	1	1,5708*	1,4017**		
Regressão quadrática	1	1,2116**	0,1606 ^{ns}		
Resíduos	18	0,2014	0,0407	0,0178	0,0000
CV(%)		0,7560	0,7230	11,2994	0,1715

*, **, ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo de probabilidade pelo teste F.

TABELA 3A - Quadrados médios das análises de variância para as características de cor, sólidos solúveis, acidez e atividade de água apresentadas das três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes Aw (Aw=0,98,0,97 e 0,95) submetidas ao tratamento térmico (branqueamento).

Causas da Variação	GL	QM	
		SO ₂	Cor
Atividade de água (A)	2		
Concentração SO ₂ (C)	2		
Avaliação (B)	4		
Interação (A*C)	4		
Interação (A*B)	8		
Interação (C*B)	8		
Interação (A*C*B)	16		
CSO ₂ dentro de Aw ₁			
Regressão linear	1	707.9697733	1.20074256
Regressão quadrática	1	371.6121600	9.17764000
Desvio de regressão		845.54839	4.1184244
CSO ₂ dentro de Aw ₂			
Regressão linear	1	16.373354	29.30704641
Regressão quadrática	1	4430.604010	0.06453444
Desvio de regressão		512.59370	2.2525260
CSO ₂ dentro de Aw ₃			
Regressão linear	1	0.133293	78.56154256***
Regressão quadrática	1	8041.194490 ^{n.s.}	20.52533778***
Desvio de regressão		1799.7132*	1.4378305
Tempo dentro de Aw ₁			
Regressão linear	1	0.6141721	17.91355062
Regressão quadrática	1	460.2337786	9.74445714
Desvio de regressão		1170.66408	8.2027472
Tempo dentro de Aw ₂			
Regressão linear	1	247.9739309	21.26656585
Regressão quadrática	1	10.7596222	13.06289603
Desvio de regressão		1820.19581	9.4925232
Tempo dentro de Aw ₃			
Regressão linear	1	1074.138661	11.19058857
Regressão quadrática	1	7.119067	6.64701270
Desvio de regressão		3690.6244	7.6428010
Resíduos			
CV(%)	42		

*, **, ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo de probabilidade pelo teste F.

TABELA 4A - Quadrados médios das análises de variância para as características de cor, sólidos solúveis (SST), pH e acidez (ATT) apresentados pelas três amostras de néctares de cupuaçu com diferentes A_w ($A_w=0,98,0,97$ e $0,95$) obtidos da polpa conservada por métodos combinados.

Causas da variação	QM				
	GL	COR	SST	pH	ATT
Aw	2	1,9886**	0,2411**	0,0021**	0,0000 ^{ns}
Resíduos	6	0,3232	0,0033	0,0001	0,0000
CV(%)	8	1,0750	0,3787	0,2710	2,4910

*, **, ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo de probabilidade pelo teste F.

TABELA 5A - Quadrados médios das análises de variância para as características de acidez (ATT), pH, atividade de água (Aw), sólidos solúveis (SST), SO₂, açúcares totais (AST), açúcares redutores (ART) e cor apresentados pelas três amostras de polpa de cupuaçu com diferentes Aw (Aw=0,98; 0,97 e 0,95) conservadas por métodos combinados.

Causas da variação	QM								
	GL	ATT	pH	Aw	SST	SO ₂	AST	ART	COR
Aw	2	0,1912**	0,0000 ^{ns}	0,0008**	789,9411**	35279,9152*	214,1275**	1,8553*	181,6819**
Resíduos	6	0,0017	0,0000	0,0000	0,0578	595,2123	0,2938	0,0579	0,2499
CV(%)	8	3,4065	0,1263	0,2476	0,8649	4,1992	3,6348	7,7550	0,8206

- *, **, ns correspondem respectivamente a significativo a 5%, 1% e não significativo de probabilidade pelo teste de F

