

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS

DISSERTAÇÃO

EFEITOS DA PASTEURIZAÇÃO TÉRMICA SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICO-QUÍMICAS,
SENSORIAIS E REOLÓGICAS DA POLPA DE UMBU
(Spondias tuberosa Arr. Câmara)

EMANUELLE DE ARAUJO OLIVEIRA

2006



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA EM TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

**EFEITOS DA PASTEURIZAÇÃO TÉRMICA SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, FÍSICO-QUÍMICAS,
SENSORIAIS E REOLÓGICAS DA POLPA DE UMBU
(*Spondias tuberosa* Arr. Câmara)**

EMANUELLE DE ARAUJO OLIVEIRA

Sob a Orientação da Professora Dr.^a
Soraia Vilela Borges

e Co-orientação da Dr.^a
Angela Aparecida Lemos Furtado

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau **Magister
Scientiae** em Ciência e Tecnologia de
Alimentos

Seropédica, R.J.
Março de 2006

664.80444

O48e

T88

Oliveira, Emanuelle de Araujo, 1979-
Efeitos da pasteurização térmica sobre
as características químicas, físico-
químicas, sensoriais e reológicas da polpa
de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara) /
Emanuelle de Araujo Oliveira. - 2006.

55 f. : il.

Orientador: Soraia Vilela Borges.
Dissertação (mestrado) - Universidade
Federal Rural do Rio de Janeiro,
Instituto de Tecnologia.

Bibliografia: f. 40-44.

1. Umbu - Teses. 2. Umbu - Conservação
- Teses. 3. Polpa de frutas - Conservação
- Teses. 4. Alimentos - Pasteurização -
Teses. 5. Alimentos - Qualidade - Teses.
6. Tecnologia de alimentos - Teses. I.
Borges, Soraia Vilela, 1959-. II.
Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Instituto de Tecnologia. III.
Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

EMANUELLE DE ARAUJO OLIVEIRA

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, área de concentração em Tecnologia de Alimentos, como requisito parcial para obtenção do grau de Magister Scientiae, em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ----- / ----- / -----

Soraia Vilela Borges, Dra., DCA/UFLA
(Orientadora)

Angela Aparecida Lemos Furtado, Dra., CTAA/EMBRAPA
(Co-orientadora)

Antonio Tavares da Silva, Ph.D, DTA/UFRRJ
(membro)

Lourdes Maria Araújo Quaresma, Dra., FAPERJ/EMBRAPA
(membro)

Edmar das Mercês Penha, Dr., CTAA/EMBRAPA
(suplente)

AGRADECIMENTOS

À Prof.^a Dra. Soraia Vilela Borges, minha orientadora e maior incentivadora deste projeto, pela confiança e amizade.

A Dra. Ângela Furtado, minha co-orientadora, pelo estímulo e apoio na elaboração e execução deste trabalho.

A Dra. Regina Modesta, pela colaboração e ajuda durante toda a etapa de análise sensorial.

Aos professores do curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos (UFRRJ), pelas dúvidas esclarecidas.

Ao Rômulo (laboratório de microbiologia UFRRJ), pela ajuda e atenção durante as análises microbiológicas.

Aos colegas de Curso, pela amizade, principalmente à Érika Endo e André Von Rawdon (Formiga), por termos dividido juntos as angústias e ansiedades para realização da dissertação.

A CAPES, pela bolsa de mestrado concedida.

A EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, por ter fornecido suas instalações durante a realização dos experimentos.

Aos técnicos e todo pessoal da EMBRAPA Agroindústria de Alimentos, pela ajuda durante o desenvolvimento deste trabalho, em especial Filé, Chorão, André, Fernando (planta de processamento) e Priscila (planta Análise Sensorial), pelo incentivo e momentos de descontração.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que esse trabalho fosse realizado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS
LISTA DE FIGURAS
LISTA DE SÍMBOLOS
RESUMO
ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivo	2
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 O Umbu	3
2.1.1 Caracterização físico-química da polpa de umbu	4
2.2 Importância econômica do umbuzeiro	7
2.3 Polpa de fruta	8
2.3.1 Processamento	9
2.4 Microbiologia	10
2.5 Tratamento Térmico	11
2.5.1 Alterações enzimáticas	12
2.5.2 Alterações de cor nos alimentos	12
2.6 Características Sensoriais	13
2.6.1 Aparência e Cor	14
2.6.2 Aroma	14
2.6.3 Sabor	14
2.7 Reologia	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Matéria-Prima	17
3.1.1 Obtenção de polpa	17
3.1.2 Cálculo do rendimento da polpa	17
3.2 Análises	19
3.2.1 Análises químicas e físico-químicas	19
3.2.2 Análise reológica	20
3.2.3 Análises microbiológicas	21
3.2.4 Análise enzimática	22
3.3 Tratamento Térmico	22
3.3.1 Planejamento experimental	22
3.3.2 Pasteurização tipo HTST	23
3.4 Análise de Cor	23
3.5 Avaliação Sensorial	23
3.5.1 Levantamento de atributos	23
3.5.2 Treinamento de provadores	24
3.5.3 Testes sensoriais	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1 Rendimento da Polpa	25
4.2 Caracterização Química e Físico-Química da Polpa de Umbu	25
4.3 Análises Microbiológicas	28
4.4 Determinação Enzimática	29
4.5 Análise de Cor	29
4.6 Avaliação Sensorial	31
4.7 Análise Reológica	33
5. CONCLUSÕES	38

5.1	Sugestões para Trabalhos Futuros	39
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
7.	ANEXOS	45
	Anexo I	45
	Anexo II	49
	Anexo III	52
	Anexo IV	53
	Anexo V	54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1	Quantidade de Frutos de Umbu Produzida na Extração Vegetal	3
Tabela 2.2	Composição físico-química de polpa de umbu	5
Tabela 2.3	Concentração de cálcio, fósforo e ferro (mg/100g) da polpa de umbu segundo a literatura	6
Tabela 2.4	Enzimas e pigmentos encontrados no fruto e polpa de umbu	6
Tabela 2.5	Composição centesimal do umbu segundo a literatura	7
Tabela 2.6	Composição de polpa ou purê de Cajá	9
Tabela 3.1	Combinações para duas variáveis, temperatura e tempo, usadas no planejamento fatorial completo com repetição do ponto central	22
Tabela 4.1	Características químicas e físico-químicas da polpa de umbu branqueada	25
Tabela 4.2	Efeito do tratamento térmico sobre as características físico-químicas da polpa de umbu	26
Tabela 4.3	Efeito do Tratamento Térmico sobre a composição centesimal da polpa de umbu	27
Tabela 4.4	Teores de vitamina C e carotenóides encontrados no fruto e na polpa de umbu branqueada	27
Tabela 4.5	Efeito do Tratamento Térmico sobre os teores de carotenóides para polpa de umbu	28
Tabela 4.6	Resultados da análise microbiológica das polpas de umbu branqueada e processada	29
Tabela 4.7	Resultados para análise enzimática	29
Tabela 4.8	Resultados para análise de cor da polpa de umbu branqueada	30
Tabela 4.9	Efeito do Tratamento Térmico sobre a cor da polpa de umbu branqueada processada	30
Tabela 4.10	Valores médios dos atributos sensoriais da polpa de umbu braqueada diluída	32
Tabela 4.11	Parâmetros reológicos para polpa de umbu branqueada e processada em diferentes temperaturas do modelo da Lei da Potência	36
Tabela 4.12	Valores para viscosidade aparente da polpa de umbu branqueada e processada	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Fluxograma básico de produção de polpa de fruta	10
Figura 3.1	Fluxograma de obtenção e processamento da polpa de umbu	18
Figura 4.1	Reograma da polpa de umbu branqueada	33
Figura 4.2	Reograma da polpa de umbu processada a 88°C/10 s	33
Figura 4.3	Reograma da polpa de umbu processada a 88°C/30 s	34
Figura 4.4	Reograma da polpa de umbu processada a 92°C/20 s	34
Figura 4.5	Reograma da polpa de umbu processada a 96°C/10 s	35
Figura 4.6	Reograma da polpa de umbu processada a 96°C/30 s	35
Figura 4.7	Viscosidade aparente da polpa de umbu em diferentes condições de tempo e temperatura em função da taxa de deformação	37

SÍMBOLOS

γ	Velocidade de cisalhamento	s^{-1}
τ	Tensão de cisalhamento	mPa
η	Viscosidade	mPa.s
τ_0	Tensão de cisalhamento	mPa
K	Índice de consistência	mPa.s ⁿ
K_{ip}	Índice de consistência Lei de Potência	(Pa) ^{1/2} (s) ^{nM}
K_{hb}	Índice de consistência Herschel-Bulkley	(Pa) ^{1/2} (s) ^{nM}
K_{mb}	Índice de consistência Mizrahi-Berk	(Pa) ^{1/2} (s) ^{nM}
K_C	Índice de consistência de Casson	(Pa) ^{1/2} (s) ^{nM}
$K_{0,hb}$	Constante do modelo Herschel-Bulkley	
$K_{0,mb}$	Constante do modelo Mizrahi-Berk	
$K_{0,C}$	Constante do modelo Casson	
n	Índice de comportamento	adimensional
n_{ip}	Índice de comportamento Lei da Potência	adimensional
n_{hb}	Índice de comportamento de Herschel-Bulkley	adimensional
n_{mb}	Índice de comportamento de Mizrahi-Berk	adimensional
n_C	Índice de comportamento de Casson	adimensional
t	Tempo de processo	s
T	Temperatura de processo	°C
HTST	High Temperature Short Time	

RESUMO

OLIVEIRA, Emanuelle Araujo. **Efeitos da pasteurização térmica sobre as características químicas, físico-químicas, sensoriais e reológicas da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara).** Seropedica:UFRRJ, 2006. 55p. (Dissertação, Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos).

No Nordeste brasileiro é comum verificar a perda do umbu pelo excesso de maturação e pela falta de outras alternativas de aproveitamento. A exploração racional do umbuzeiro na forma de produtos processados possibilitaria um aumento na renda do pequeno produtor rural, já que este não tem acesso a uma tecnologia sofisticada. Neste trabalho foram avaliados os efeitos causados pela pasteurização térmica, tipo HTST, sobre as características químicas e sensoriais da polpa de umbu. Inicialmente, os frutos sofreram um branqueamento para então serem despulpados. A partir da polpa branqueada foram aplicados cinco tratamentos térmicos diferentes: 88°C/10s; 88°C/30s; 92°C/20s; 96°C/10s e 96°C/30s, segundo um planejamento fatorial completo com repetição do ponto central (92°C/20s). Em seguida foram realizadas análises químicas, reológicas e sensoriais, de forma que eram verificadas diferenças significativas entre a polpa branqueada e as polpas processadas. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa em relação às características químicas e físico-químicas nos binômios estabelecidos. O estudo do comportamento reológico das polpas indicou o seu caráter não-newtoniano, de natureza pseudoplástica. A análise instrumental da cor apresentou alterações significativas no parâmetro L* pelo fator temperatura, no parâmetro a* pelo fator tempo e devido à interação tempo x temperatura e o parâmetro b* não apresentou nenhuma alteração em relação aos binômios estabelecidos. No geral, os resultados apresentaram uma leve tendência ao escurecimento e perda da cor verde e amarela da polpa, de forma não significativa, sob as condições de processo mais longo. A avaliação sensorial mostrou que a polpa processada a 88°C por 10 segundos foi a que mais se aproximou da polpa tomada como referência (branqueada) para maioria dos atributos analisados, sendo que o gosto amargo sofreu uma leve tendência a aumentar com o aumento das temperaturas utilizadas.

Palavras chaves: umbu, HTST, polpa, qualidade

ABSTRACT

OLIVEIRA, Emanuelle Araujo. **Effects of the thermal pasteurization on the chemical, physicochemical, sensorial and rheological characteristics of the umbu pulp (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara).** Seropedica:UFRRJ, 2006. 55p. (Dissertation, Master Science in Science and Food Technology).

In the Brazilian Northeast region it's common to verify the umbu loss for the maturation excess and for the lack of other alternatives of exploitation. The rational exploration of the umbuzeiro in the form of processed products it would make possible an increase in the income of the small agricultural producer, who does not have access to a sophisticated technology. In this work it has been evaluated the effect thermal pasteurization, type HTST, on the chemical and sensorial characteristics of umbu pulp. Initially, the fruits were submitted to blanching followed by depulping. To the blanched pulp five different thermal treatments were applied: 88°C/10 seconds; 88°C/30 seconds; 92°C/20 seconds; 96°C/10 seconds e 96°C/30 seconds, in accordance to a complete factorial planning with repetition of the central point (92°C/20 seconds). After that, chemical, rheological and sensorial analyses were carried out in order to verify significant differences between the blanched pulp and processed pulps. The results showed that there was not significant difference regarding chemical and physicochemical characteristics in the established processes. The study of rheological behavior of the pulps indicated a non Newtonian character, of shear thinning nature. The instrumental analysis of color presented significant alterations on the L* parameter for the temperature factor, on the a* parameter for the time factor and for the interaction of the time x temperature factors. The b* parameter did not present alteration in relation to the established processes. In general, results showed that samples tended to discoloration and browning. The samples slightly lost their green and yellow hues under the conditions of longer process. The sensorial evaluation showed that the processed pulp at 88°C for 10 seconds was closer to the reference pulp for majority of the analyzed attributes, and the bitter taste lightly tended to increase with the increase of temperatures.

Key-words: umbu, HTST, pulp, quality

1. INTRODUÇÃO

O umbuzeiro é uma árvore que há bastante tempo está integrada aos hábitos alimentares dos agricultores do semi-árido brasileiro. Tem como “habitat” natural à região semi-árida do Nordeste do Brasil, onde apresenta alta produção de frutos e um longo período vegetativo. Os seus frutos podem ser consumidos *in natura* e utilizados de diversas formas, como doces, sorvetes, sucos e geléias.

A exploração comercial do umbu é marcada de maneira muito expressiva por um extrativismo rudimentar e, de certa forma, é um paradoxo ante a quantidade de oportunidades de processamento oferecida pela planta. Vendido *in natura* tem preço reduzido. Ainda assim, a exploração atual do umbuzeiro tem participação significativa na composição da renda dos agricultores das comunidades rurais do interior do Nordeste.

Sua importância para as populações rurais do semi-árido torna-se mais evidente nos anos de seca, quando as chuvas na região não são suficientes para a exploração das culturas tradicionais de milho e feijão. É nessa época que o umbu fornece seus frutos, que são comercializados pelos pequenos agricultores para as principais capitais do Nordeste para serem consumidos *in natura* e na forma de polpa (CAVALCANTI, 2000).

No Nordeste brasileiro é comum verificar a perda do umbu pelo excesso de maturação e pela falta de outras alternativas de aproveitamento. A exploração racional do umbuzeiro na forma de produtos processados possibilitaria um aumento na renda do pequeno produtor rural, tornando os produtos derivados do umbuzeiro um rentável negócio agrícola em função do aumento de seu valor agregado.

O processamento de frutas, para obtenção de polpas, sucos, doces, geléias, frutas desidratadas ou secas, é uma atividade agroindustrial importante na medida em que se agrega valor econômico à fruta evitando desperdícios e minimizando perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto *in natura*. A ampliação deste mercado atualmente depende do aumento do consumo e da qualidade do produto final. Neste caso, a qualidade engloba os aspectos físicos, químicos, microbiológicos, nutricionais e sensoriais (TORREZAN, 1997).

A demanda por produtos de melhor qualidade nutricional e sensorial, com características mais próximas ao produto *in natura*, tem aumentado a busca de processos capazes de preservar o produto contra agentes deteriorativos, sem acarretar efeitos adversos.

Entre os principais métodos empregados na conservação de polpa de frutas, o tratamento térmico é um dos mais utilizados. Entretanto, um aquecimento excessivo produz perdas consideráveis na qualidade e nas propriedades nutricionais dos mesmos.

1.1 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho foi estudar a melhor combinação de tempo e temperatura, a fim de estabelecer as melhores condições de tratamento térmico (pasteurização tipo HTST (High Temperature Short Time)), visando minimizar a perda ou destruição de alguns aspectos de qualidade. Além disso, estudou-se o comportamento reológico dos produtos obtidos provenientes do tratamento térmico aplicado na polpa branqueada.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O Umbu

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) é uma fruteira nativa de regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro. É uma planta xerófila, caducifólia, da família das Anacardiáceas, adaptada ao calor, aos solos pobres e à falta de água. É uma árvore de pequeno porte, de copa em forma de guarda-chuva, esparramada, de tronco curto, com galhos retorcidos e muito ramificados. Os frutos, conhecidos como umbu, imbu ou ambu, são drupas glabras ou levemente pilosas, arredondadas, com 2 cm a 4 cm de diâmetro, 10 g a 20 g de massa e superfície lisa ou com 4 a 5 pequenas protuberâncias na porção distal (MENDES, 1990). A casca é de cor amarelo-esverdeada e a polpa é branco-esverdeada, mole, succulenta, de sabor agridoce agradável (SILVA *et al.*, 1987).

No século XVIII, o umbuzeiro foi estudado e classificado, recebendo o nome científico de *Spondias tuberosa* pelo botânico Manoel de Arruda Câmara (FERREIRA, 2000).

Gomes (1965), citado por BISPO (1989), afirma que existem umbus ácidos e outros quase inteiramente desprovidos de ácidos. Há umbus maiores e menores e há umbuzeiros muito mais produtivos do que outros, embora vivendo em ecologia igual, lado a lado. Devem existir diversas variedades do umbuzeiro, mas infelizmente ainda não foram estudadas.

O período de frutificação do umbuzeiro é de aproximadamente 4 meses, iniciando-se nas primeiras chuvas, sendo que uma só árvore chega a produzir mais de 300Kg de frutos (Duque 1973, citado por JORGE, 2003).

O IBGE (1996) considera o umbu como um produto de extração vegetal (não cultivado), coletado em árvores que crescem espontaneamente na savana estépica, importante economicamente por fornecer madeira, celulose, fármaco, alimento e bebida.

Seus frutos são explorados comercialmente para o consumo *in natura* ou industrial, na elaboração de suco, polpa congelada, sorvete, geléia e/ou doces. Segundo dados do IBGE (2000) (Tabela 2.1), em 1990, a produção brasileira de umbu, era de 19.861 toneladas, e caiu para 10.207 toneladas, em 1999. Em todos os anos, a Bahia aparece como o principal estado produtor, seguindo-se de Pernambuco. Outros estados produtores são Rio Grande do Norte e Minas Gerais, com produção relativamente estável, Paraíba e Ceará com produção em queda, Piauí com aumento de produção, e Amazonas cuja pequena produção só aparece de 1997 em diante.

Tabela 2.1 - Quantidade de frutos de umbu produzidos na extração vegetal

Unidade da Federação	Quantidade (Tonelada/Ano)									
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Total	19.861	19.786	19.284	13.949	11.639	10.970	10.717	11.589	10.932	10.207
Bahia	17.477	16.624	16.920	12.473	10.058	9.244	9.007	10.078	9.677	8.955
Pernambuco	1.438	1.315	1.550	732	753	874	843	668	658	679
Rio Grande do Norte	269	291	274	293	318	330	296	332	310	275
Piauí	38	36	34	29	51	59	116	113	105	125
Paraíba	357	240	280	172	207	241	349	321	112	96
Minas Gerais	57	56	48	109	104	80	82	60	60	60
Ceará	225	224	178	141	148	142	24	16	8	15
Amazonas	-	-	-	-	-	-	-	1	2	2

Fonte: IBGE (2000)

De acordo com o Censo Frutícola da Codevasf (2001) a área total plantada com umbuzeiros é de 509,4 ha, sendo 0,5 ha em formação, 23,0 ha em produção crescente, 332,8 ha em produção plena e 153,1 ha em declínio de produção.

O extrativismo do umbu é a maneira mais tradicional de exploração dessa fruta típica do semi-árido. Em 2003, foram coletadas no país, 9.132 toneladas de umbu, sendo que a participação da produção baiana no total nacional foi de 86%. No *ranking* dos maiores municípios produtores de umbu, os 20 primeiros colocados são municípios baianos. Na temporada de 2003, o maior produtor foi Juazeiro, ao registrar uma produção de 654 toneladas, o que representou 7,16% do total nacional; Brumado foi o segundo colocado, com uma produção de 642 toneladas (IBGE, 2003).

NARAIN *et al.* (1991), relataram que estudos detalhados sobre as características física de frutos de umbu em diferentes estádios de maturação são raros. Na análise das dimensões do fruto de umbu e seus componentes, os autores observaram que de maneira geral, os frutos no estádio de maturação entre verde e maduro, denominados de inchados, obtiveram maior comprimento em relação aos demais, além de maior espessura da polpa.

Em um trabalho realizado no CPATSA (Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido) em Petrolina (PE) sobre a caracterização dos frutos do umbuzeiro, SILVA *et al.* (1987) encontraram uma composição média para o fruto de 10% de caroço, 22% de casca e 68% de polpa; assim como uma variação para o peso médio do fruto de 13 a 22g.

CAVALCANTI *et al.*, (2000) obtiveram rendimento de polpa entre 62% e 75%, de acordo com o estádio de maturação dos frutos. Segundo FERREIRA (2000), o rendimento é um fator muito variável, que depende de técnicas culturais ou de fatores que reduzem o tamanho e qualidade do fruto, como a irrigação inadequada, idade da árvore e nutrição mineral.

2.1.1 Caracterização físico-química da polpa de umbu

A Tabela 2.2 mostra a composição físico-química do umbu, segundo alguns pesquisadores.

Observa-se que o umbu é um fruto bastante ácido. Os valores de pH encontrados em trabalhos realizados por SILVA *et al.* (1987), BISPO (1989), XAVIER (1999) e FERREIRA (2000) foram de 2,62; 2,45; 2,40 e 2,21, respectivamente.

A composição química e as características físicas do umbu variam com as condições de cultura, a variedade e o estádio de maturação.

No estudo realizado por BISPO (1989), o valor encontrado para acidez do umbu foi de 1,23%, enquanto NARAIN *et al.* (1991) encontraram valores de 1,35% para a polpa de umbu verde e 0,95% para polpa de umbu madura. JORGE (2003), encontrou um valor de 1,30% para polpa madura.

Pode-se afirmar que o umbu é um fruto pobre em vitamina C, quando comparado a outros, como caju (200-300 mg/100g) (CHITARRA & CHITARRA, 1990) e suco de acerola (2018,67 mg/100g) (SILVA *et al.*, 2005) e contendo pouca sacarose. BISPO (1989), encontrou um teor de 9,61 mg/100g na polpa, enquanto FERREIRA (2000), encontrou teores de até 19,33 mg/100g na polpa de umbu madura. Já NARAIN *et al.* (1991), reportou valores de 18,4 mg/100g na polpa de umbu verde e 13,20 mg/100g na polpa de umbu maduro.

Tabela 2.2 - Composição físico-química de polpa de umbu

Parâmetros	A*	B**	B***	C*	D***	E***
pH	2,45	2,90	3,30	2,40	2,21	2,59
Acidez Titulável (%)	1,23	1,35	0,95	-	1,45	1,30
Pectina (% polpa)	0,82	-	-	0,85	-	-
Glicídios redutores (%)	1,88	2,79	5,34	2,60	3,61	2,67
Glicídios não redutores (%)	6,07	0,58	1,29	0,02	2,50	0,42
Sólidos Solúveis (°Brix)	10,0	9,30	10,20	7,0	10,03	-
Ácido Ascórbico (mg/100g)	9,61	18,4	13,20	-	13,31	-

Fontes: A – BISPO (1989); B – NARAIN *et al.* (1991); C – XAVIER (1999); D – FERREIRA (2000); E – JORGE (2003)

* Estádio de maturação não caracterizado; ** Estádio de maturação verde; *** Estádio de maturação maduro.

Cerca de 90% das necessidades de vitamina C (ácido ascórbico) do homem, advêm de frutos e hortaliças. Ela é o componente nutricional mais importante, embora na maioria dos frutos seu teor não exceda a 0,3%. A goiaba e o caju encontram-se entre as principais fontes dessa vitamina, com teores em torno de 200 a 300mg/100ml de suco. Contudo, a acerola suplanta todas as fontes de vitamina C, com teores entre 1,8 a 4,0%. Os frutos cítricos são considerados entre as melhores fontes, não só pelo teor dessa vitamina (50 a 75 mg/100ml de suco) como pelo elevado consumo nas dietas, no mundo inteiro (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Os açúcares solúveis presentes nos frutos em geral, na forma livre ou combinada, são responsáveis pela doçura, pelo “flavor”, através do balanço com os açúcares, pela cor atrativa, como derivado das antocianinas e pela textura, quando combinados adequadamente com polissacarídeos estruturais (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

BISPO (1989), determinou o conteúdo total de açúcares redutores e não redutores na polpa de umbu, sendo encontrado um teor médio de 1,88% de açúcares redutores e 6,07% de açúcares não redutores, afirmando que a variação no conteúdo de açúcar, em uma mesma espécie de fruto, pode ser atribuída a influência exercida pelos fatores genéticos e climáticos durante a vida do fruto na planta. FERREIRA (2000), na mesma determinação, encontrou valores de 3,61% e 2,50% para açúcares redutores e não redutores, respectivamente. POLICARPO *et al.* (2003) encontraram valores de 2,62% para açúcares redutores em glicose e 0,41% para açúcares não redutores em sacarose na polpa de umbu branqueada.

Quanto ao teor de sólidos solúveis (°Brix), SILVA *et al.* (1987), encontraram variações de 10,43° a 13,22°Brix em polpa de umbu.

Em relação ao conteúdo mineral, o fruto é mais rico em fósforo, chegando a 32,7mg/100g nos frutos verdes (NARAIN *et al.*, 1991). Outros pesquisadores analisaram o conteúdo mineral do umbu, conforme mostrado na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Concentração de cálcio, fósforo e ferro (mg/100g) da polpa de umbu segundo a literatura.

Determinações Autores	Cálcio	Ferro	Fósforo
Guimarães & Pechnik (1956)	17,00	0,70	7,00
Chaves et al. (1971)	22,77	1,02	50,29
Guedes & Oriá (1978)	10,70	0,64	9,56
Franco (1982)	20,00	2,00	14,00
Granja (1985)	22,00	1,33	47,60

Fonte: BISPO (1989).

A adstringência, característica marcante do umbu quando verde, pode estar ligada à presença de compostos fenólicos, diretamente relacionados à cor, sabor e qualidades nutricionais das frutas e sua atividade antioxidante, tornando-se desejável evitar a redução destes compostos em produtos processados. XAVIER (1999), encontrou valores de 7,20 mg/100g de compostos fenólicos em polpa de umbu industrializada. Em seu estudo dos frutos de umbu *in natura*, da polpa industrializada congelada e de doce de umbu, verificou a presença de enzimas peroxidase e polifenoloxidase apenas nos frutos, o que significa que o branqueamento no qual a polpa foi submetida, foi capaz de inativar essas enzimas. Também foi verificado a presença de teores de carotenóides totais e clorofila, sendo maiores no doce em massa quando comparados com o fruto ou a polpa, provavelmente devido a evaporação de água durante o processamento térmico.

Os constituintes encontrados no fruto e na polpa de umbu, responsáveis por mudanças físicas e químicas durante o armazenamento, são mostrados na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 – Enzimas e pigmentos encontrados no fruto e polpa de umbu

Constituintes	Fruto <i>in natura</i>	Polpa industrializada
Peroxidase (uni. ativ. enz./min)	27,10+/-3,24	nd
Polifenoloxidase (uni. ativ. enz./min)	1,10+/-0,90	nd
Carotenóides totais (mg expressa em β -caroteno/100g)	8,15+/-0,34	12,03+/-1,65
Clorofila total (mg de clorofila total/100g)	15,20+/-5,12	41,20+/-8,30
Polifenóis totais (mg expressa em catequina/100g)	-	7,20+/-0,34

Fonte: XAVIER (1999).

Vários pesquisadores estudaram a composição centesimal do umbu, conforme mostrado pela Tabela 2.5.

BISPO (1989) analisou a polpa de umbu, encontrando 89,9% de umidade, 7,95% de açúcares totais, 0,52% de proteínas, 0,35% de lipídeos, 0,37% de fibras e 0,35% de cinzas. NARAIN *et al.* (1991), reportaram valores para umidade de 88% em polpa de umbu verde e 85% na polpa madura, 0,81% de lipídeos na polpa verde e 0,89% na polpa madura, cerca de 0,31% de proteína para ambas as polpas, 3,37% de açúcares totais na polpa verde e 6,63% na polpa madura.

Tabela 2.5 - Composição centesimal do umbu segundo a literatura

Autores	Umidade g (%)	Proteína g (%)	Extrato etéreo g (%)	Glicídios Totais g (%)	Fibras g (%)	Cinzas g (%)
Guimarães & Pechinik (1956)	86,00	0,30	0,40	12,70	0,40	0,50
Souza & Catão (1970)	87,80	0,46	0,75	8,34	0,95	0,29
Chaves (1971)	87,50	0,96	0,82	9,29	0,19	0,47
Guedes & Oriá (1978)	92,56	0,54	0,05	4,95	1,62	0,28
Franco (1982)	-	0,60	0,40	10,60	-	-
Granja (1985)	87,20	0,92	0,67	8,92	-	0,42

Fonte: BISPO (1989)

2.2 Importância econômica do umbuzeiro

Segundo o Ministério da Agricultura, o Brasil é o terceiro pólo mundial de fruticultura, com uma produção anual de cerca de 38 milhões de toneladas. Em 2003, as vendas externas de frutas frescas alcançaram US\$ 335,3 milhões, com um aumento de 39% em comparação aos US\$ 241 milhões obtidos em 2002.

Os frutos do umbuzeiro apresentam apelo “exótico” para mercados de outras Regiões do Brasil, como Sudeste e Sul, e para o mercado externo, o que vem estimulando o aumento de sua produção. Ainda não devidamente caracterizado, particularmente no que se refere ao seu potencial para industrialização, o umbu é uma fruta que demanda pesquisas. Entre as pesquisas, ressaltam-se a adequação de tecnologias convencionais e o desenvolvimento de novas tecnologias para o processamento dessa fruta, de forma a promover um aproveitamento mais rentável, mediante a agregação de valor a esse produto.

Por ser um fruto muito ácido e apresentar-se perecível quando maduro, além de sua comercialização representar ingresso significativo para os pequenos agricultores, a possibilidade de seu aproveitamento no estado verde tem sido testada com sucesso em doces (CAVALCANTI *et al.*, 2000; POLICARPO *et al.*, 2003).

Atualmente, esses frutos são consumidos restritamente na região Nordeste do Brasil, principalmente na forma *in natura* ou preparados como refresco, sorvete e “umbuzada” (polpa do umbu cozida com leite e açúcar) (FOLEGATTI *et al.*, 2003).

Nesse sentido, vários estudos sobre o aproveitamento do umbu, seja na forma de doce em massa, geléia, entre outros, estão sendo feitos para o aumento da fonte de renda dos pequenos agricultores do semi-árido.

As altas produções constituem uma fonte de renda para muitas famílias que, na época da safra, promovem a colheita dos frutos e os vendem para consumo *in natura* ou na forma de doces. O umbuzeiro é, portanto, uma frutífera potencial para cultivo, podendo-se constituir em uma fonte de matéria prima para indústria alimentícia (SILVA *et al.*, 1987), além de ser responsável pela maior absorção de mão-de-obra e geração de renda para a maioria das famílias de pequenos agricultores da região semi-árida do

estado da Bahia no período de janeiro a março e a principal fonte de renda para os agricultores nesse período.

Granja (1985), citado por FERREIRA (2000), em seus estudos sobre métodos de preservação do suco de umbu, comenta que o fruto é industrializado na forma de polpa congelada e exportada para Holanda. De acordo com informações obtidas na Carteira de Comércio Exterior do Banco do Brasil S/A, em 1982, o estado da Paraíba exportou 570 Kg de polpa e em janeiro de 1985, exportou 6.800 Kg, sendo o terceiro maior produtor de umbu.

Nos estudos de CAVALCANTI *et al.* (2001), sobre a participação do extrativismo do fruto do umbuzeiro na absorção de mão-de-obra e geração de renda na região semi-árida do estado da Bahia, os autores concluíram que em média, 84,68% das famílias das comunidades tinham pessoas que participavam do extrativismo do umbu. Assim, para a maioria das famílias de pequenos agricultores dessa região, o extrativismo do fruto do umbuzeiro é a principal fonte de renda no período de janeiro a março.

Segundo dados do Jornal Correio da Bahia (SEAGRI, 2006), na região do semi-árido existem programas estimulando a troca do extrativismo pela implantação de pequenas fábricas de beneficiamento de umbu, onde os lavradores, ao em vez de vender um saco de 45kg, a R\$4 ou R\$5, transformam a fruta em geléia, doce em compota e suco. A mesma quantidade de umbu beneficiada rende R\$134,25. No ano de 2004 foram comercializadas 60 toneladas de produtos beneficiados adquiridos pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), um negócio de aproximadamente R\$190 mil. As mercadorias entregues ao longo do ano foram destinadas aos mercados de Salvador, Feira de Santana, Petrolina e Juazeiro, além dos municípios envolvidos no projeto.

2.3 Polpa de fruta

Segundo a Instrução Normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000, o Ministério da Agricultura e Abastecimento aprova o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade de algumas polpas de frutas específicas, não definindo no entanto, para polpa de umbu.

De maneira geral, a polpa de fruta é definida como sendo o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtida de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólido totais, proveniente da parte comestível do fruto.

A polpa do fruto Cajá (*Spodias lutea*, L.), pertencente à mesma família e gênero do umbu, foi definida segundo a mesma instrução, devendo obedecer à composição da Tabela 2.6 e com as seguintes características:

- Cor: amarelo
- Sabor: Ácido
- Aroma: Próprio

Tabela 2.6 - Composição de polpa ou purê de Cajá

	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
<i>pH</i>	2,2	-
<i>Sólidos Solúveis em °Brix, a 20°C</i>	9,00	-
<i>Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g)</i>	0,90	-
<i>Açúcares totais, naturais do Cajá (g/100g)</i>	-	12,00
<i>Sólidos Totais (g/100g)</i>	9,50	-

Entre as matérias primas para a agroindústria de polpa figuram as frutas tropicais com maior relevância: abacaxi, acerola, cajá, caju, carambola, goiaba, graviola, mamão, manga, pitanga, seriguela, umbu, etc. Para se obter uma polpa de boa qualidade, os cuidados deverão começar na colheita, no transporte, armazenamento e processamento da fruta (MORORÓ, 1998).

2.3.1 Processamento

O processamento de polpas deve seguir uma seqüência de etapas, a exemplo da mostrada (Figura 2.1), a fim de que se possa garantir um produto final dentro dos padrões que atendam às normas de qualidade e higiene.

O material colhido acomodado em caixas, cestos ou mesmo a granel deve ser enviado a unidade de processamento o quanto antes para evitar ou atenuar qualquer tipo de alteração. A quantidade de impurezas que normalmente acompanham o material colhido deve ser a mínima possível (GAVA, 1999).

A operação de lavagem elimina sujidades, terra, bactérias aderidas à superfície e outros contaminantes e pode ser realizada por imersão, agitação em água ou aspersão. De acordo com MORORÓ (1998), a qualidade da água é de suma importância, pois é o principal agente desta operação.

A seleção tem por finalidade separar da matéria-prima o material de qualidade inferior como defeituoso, verde, manchado e de coloração diferente, porque o sucesso na industrialização é assegurado quando se utiliza matéria-prima de boa qualidade (GAVA, 1999).

Muitas frutas necessitam passar pelo processo de descascamento antes de seguirem para fases posteriores de despulpamento, entretanto, frutas como goiaba, acerola, morango, umbu, entre outras, não são descascadas e sim retirados restos florais, talos, etc. (MORORÓ, 1998).

O despulpamento é o processo utilizado para separar o material fibroso, sementes e cascas, sendo que após a extração da polpa, esta pode requerer um refinamento ou não, a fim de melhorar seu aspecto visual e estabilidade física.

Em seguida, o material deve ser acondicionado em local apropriado e mantido congelado até processamento.

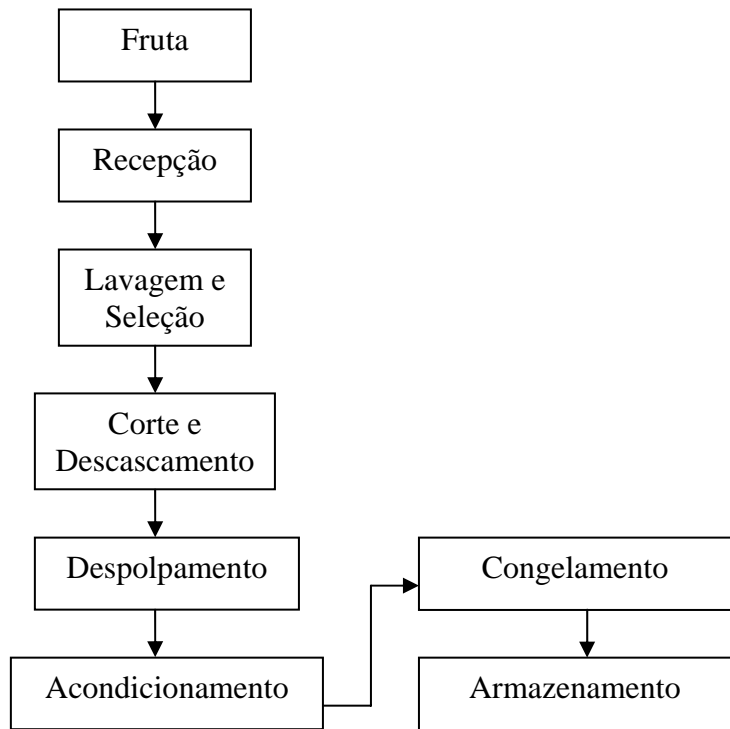


Figura 2.1: Fluxograma básico de produção de polpa de fruta (JORGE, 2003)

2.4 Microbiologia

A RDC n.º 12, de 2 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001), estabelece como padrões microbiológicos para polpas de frutas concentradas ou não, com ou sem tratamento térmico, refrigeradas ou congeladas: ausência de *Salmonella* em 25g, Coliformes fecais máximo 10^2 /g (NMP – número mais provável).

Alguns fatores como: potencial de oxi-redução, composição química, fatores antimicrobianos naturais presentes no alimento, acidez e potencial de hidrogênio (pH) interferem no desenvolvimento microbiano.

Segundo TORREZAN (1996), o pH limite para crescimento de microrganismos varia numa faixa ampla que vai de 1 a 11. Muitos microrganismos têm o seu pH ótimo perto da neutralidade e crescem entre pH 5,4 a 6,3. De modo geral, as leveduras e os bolores apresentam pH mínimo de crescimento mais baixo do que as bactérias, enquanto que o pH máximo é similar para bactérias, bolores e leveduras.

Os tipos de leveduras que crescerão dependem dos tipos predominantes no suco e da temperatura. Acima de 32-35°C, por serem temperaturas muito altas para leveduras, haverá crescimento de lactobacilos que produzirão ácido lático e alguns compostos voláteis (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

As células e esporos são mais termorresistentes em substratos com pH neutro ou próximo da neutralidade. O aumento da acidez ou alcalinidade torna mais rápida a destruição pelo calor, mas a alteração em direção a acidez é mais eficiente do que aquela em direção a alcalinidade (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

Como a maioria dos microrganismos, os fungos são destruídos pelo calor, sendo o micélio inativado por um tratamento térmico de poucos segundos a 80°C. Os esporos são mais resistentes que o micélio, embora, em geral, menos resistentes que os esporos de bactérias (FRANCO & LANDGRAF, 1996).

Em estudo realizado por TRINDADE *et al.* (2002), para verificação de leveduras associadas com polpas de frutas frescas e congeladas de frutos tropicais brasileiros, foi encontrado um pequeno número de espécies de leveduras associadas à polpa de umbu congelada e frutos maduros. A contagem de leveduras de frutos maduros de pitanga exibiram a maior frequência de espécies, seguida pela contagem de colônias em frutos maduros de acerola e polpa congelada de mangaba. As polpas de umbu congeladas apresentaram a maior frequência de espécies proteolíticas. Leveduras capazes de hidrolisar a caseína em pH 5,0 representaram 38,5% das espécies isoladas e 37% dos isolados foram capazes de hidrolisar caseína em pH 7,0. Leveduras pectinolíticas foram encontradas em todos os substratos estudados, exceto para a polpa de umbu congelada. A maior frequência dessas leveduras foi encontrada em polpa congelada de mangaba.

2.5 Tratamento Térmico

O tratamento térmico é um dos mais importantes métodos de conservação de alimentos, geralmente aplicado para aumentar a vida-de-prateleira dos produtos.

O processo de aquecimento pode afetar a qualidade do produto levando a insatisfação do consumidor. Reações de escurecimento não-enzimático e destruição de pigmentos têm sido encontrados como as maiores causas desses problemas (RATTANATHANALERK *et al.*, 2005).

Para polpa de fruta, o principal objetivo do tratamento térmico consiste na redução dos microrganismos que existem inicialmente e dos que possam crescer posteriormente, advindos da manipulação durante seu processo de obtenção.

A pasteurização é um processo térmico designado para inativar parte, mas não todos os microrganismos presentes nos alimentos. Não sendo o alimento estéril, a pasteurização deve ser usada conjuntamente com outro método de preservação, como as fermentações, refrigeração, manutenção de condições anaeróbias, ou deve ser aplicada a produtos com alta acidez, como os sucos de frutas, onde o ambiente não é apropriado o suficiente para o crescimento de microrganismos deteriorativos e perigosos para a saúde (Lund, 1977, citado por DOMINGUES, 2003).

De acordo com SILVA (2000), apesar de não destruir os microrganismos esporogênicos, a pasteurização é empregada na conservação de polpas de frutas ácidas, pelo fato de que as bactérias esporuladas não se desenvolvem em meio ácido, o que torna o meio sujeito, sobretudo, ao crescimento de bolores e leveduras, que são facilmente destruídos pelas temperaturas de pasteurização. Além disso, também é um processo de conservação, indicado para redução de microrganismos mesófilos, os quais têm sua atividade ideal na faixa dos 35°C e não suportam temperaturas superiores a 65°C. O tempo e a temperatura utilizados dependem da resistência térmica dos microrganismos a serem destruídos e da sensibilidade do próprio alimento ao calor, por isso, pode-se encontrar na literatura, vários trabalhos utilizando o binômio tempo e temperaturas diferentes.

Tratamentos térmicos aplicados em sucos de frutas ácidas, como o umbu, cujo pH está em torno de 2,5 a 2,8 (NARAIN *et al.*, 1992), geralmente são o branqueamento e a pasteurização. Temperaturas de 77-98°C e tempo variando de 30 segundos a 15 minutos têm sido empregados para diferentes polpas, purês e sucos de frutas: purê de graviola (UMME *et al.*, 1997); purê de pêra (IBARZ *et al.*, 1999); polpa de maçã (VALDERRAMA *et al.*, 2001); suco de maracujá (SANDI *et al.*, 2004).

UMME *et al.* (1997), estabeleceram a condição ótima de pasteurização para o purê de graviola, baseado na inativação enzimática e retenção da vitamina C. Os resultados mostraram uma condição ótima de pasteurização como sendo a de 78,8°C por

69 segundos em pH 3,7. JORGE (2003), realizou um estudo para conservação da polpa de umbu nos dois estádios de maturação (verde e maduro) utilizando métodos combinados, onde o tratamento térmico foi combinado com a adição de conservantes e sacarose. Após branqueamento (100°C/3min) e pasteurização (63°C/30min) da polpa, esta foi misturada aos conservantes e à sacarose. A autora concluiu que apenas o tratamento térmico (branqueamento e pasteurização), o acondicionamento em embalagem sanitizada e o cuidado higiênico durante as etapas de produção, foram suficientes para garantir a vida útil das polpas por 120 dias em condições aceleradas.

2.5.1 Alterações enzimáticas

O processo HTST (High Temperature-Short Time) no processamento térmico de alimentos é reconhecido por resultar numa maior retenção de fatores de qualidade como sabor, cor, textura e nutrientes. Porém, também se sabe que alimentos freqüentemente processados através de altas temperaturas por curtos períodos de tempo podem sofrer uma deterioração rápida durante o armazenamento. Esta rápida deterioração é evidenciada pelo desenvolvimento de aroma e cor indesejáveis que foram atribuídos a reações catalíticas enzimáticas (CLEMENTE & PASTORE, 1998).

A peroxidase e polifenoloxidase têm sido consideradas as principais enzimas responsáveis pela deterioração da qualidade em muitos frutos congelados. Estas enzimas podem participar de um grande número de reações oxidativas e de biodegradação, tais como mudança de cor, degradação da clorofila ou auxinas, oxidação de fenóis, oxidação do ácido indol acético, biossíntese da lignina, e muitos destes fatores também podem ser associados com *flavor*, cor, textura e qualidade nutricional dos alimentos (VALDERRAMA, 2001).

O escurecimento enzimático é um dos principais problemas em produtos de origem vegetal, sendo caracterizado pelas enzimas oxidativas presentes em cada matéria-prima. A inativação destas enzimas e a deterioração de microrganismos são os principais objetivos do tratamento térmico, visando manter as características do alimento por um período maior de tempo.

A inibição da atividade enzimática é importante para indústria de alimentos, pois isto reduz ou elimina o surgimento de sabores/odores estranhos na fase pós industrialização de frutos e vegetais. Um dos métodos mais usados para inibir a atividade enzimática é o tratamento térmico (branqueamento).

2.5.2 Alterações de cor nos alimentos

Mais do que qualquer outro fator, a cor exerce influência direta e decisiva na aceitação de um alimento. Afeta o julgamento, sendo utilizada como forte indicador de qualidade e, portanto, a comercialização de produtos de aparência atrativa é importante para a indústria de alimentos.

Vários fatores são responsáveis pelas alterações de cor em produtos alimentícios. Estes incluem escurecimento não-enzimático e enzimático, condições ambientais, como pH, acidez, materiais de embalagem, temperatura e tempo, degradação de pigmentos, etc. (COSTA, 2002).

Mudanças na cor de alimentos podem estar associadas com o tratamento térmico aplicado. Várias reações, tais como a destruição de pigmentos (carotenóides e clorofila) e reações de escurecimento não-enzimático (*Maillard*), podem ocorrer durante o aquecimento de frutas e vegetais e, portanto, afetar a coloração dos mesmos (ÁVILA & SIVA, 1999).

A causa principal da degradação dos carotenóides, nos alimentos, é a oxidação. A intensidade da oxidação depende da natureza do pigmento e das condições ambientais. Em alimentos processados, o mecanismo da oxidação é complexo e depende de muitos fatores. Os pigmentos podem se oxidar por reação com o oxigênio atmosférico, com velocidades que dependem da luz, do calor e presença de pro e anti-oxidantes (FENNEMA, 1993).

A intensidade das reações de escurecimento não-enzimático em alimentos depende da quantidade e do tipo de carboidratos presentes e, menor extensão, de proteínas e aminoácidos. O escurecimento não-enzimático é o resultado da descoloração provocada pela reação entre a carbonila e grupos amina livre, com formação do pigmento denominado melanoidina. Muito embora a reação de escurecimento não-enzimático ocorra principalmente entre açúcares redutores e aminoácidos ou proteínas, a degradação do açúcar, bem como a degradação oxidativa do ácido ascórbico e a adicional condensação com compostos carbonílicos formados, ou com grupos amina presentes, produza pigmentos escuros (ARAÚJO, 1995).

A vitamina C oxida rapidamente em solução aquosa por processos enzimáticos e não-enzimáticos, especialmente quando exposta ao ar, ao calor e à luz. A reação é acelerada por íons metálicos, e é, em meio de baixa umidade, função da atividade da água. Na ausência de catalisadores, o ácido ascórbico reage lentamente com o oxigênio (ARAÚJO, 1995).

A retenção total da cor pode ser usada como um indicador da qualidade para avaliar a extensão da deterioração devido ao processamento térmico.

A maioria dos trabalhos publicados relata a degradação da cor seguindo reações cinéticas de primeira ordem ou ordem zero (LOZANO & IBARZ, 1997; ÁVILA & SILVA, 1999; IBARZ & GARZA, 1999; RATTANATHANALERK *et al.*, 2005).

Diferentes métodos podem ser usados para determinar a extensão na mudança da cor. A medição da cor é mais simples e rápida que análises químicas.

A avaliação da cor feita por métodos sensoriais está sujeita a falhas como, por exemplo, exigência de um treinamento da equipe com pessoas cuja visão seja perfeita, fadiga da equipe, envelhecimento dos padrões de cores e tempo longo para estas análises (MODESTA, 1994). Após desenvolvimento do sistema instrumental para descrição da cor, surgiu o sistema baseado em valores triestímulos CIE, relacionado com espectro visível em escalas X, Y, Z, respectivamente correspondentes aos pares de cores vermelho-verde, amarelo-azul, escuro-claro, reproduzindo o que ocorre com a sensibilidade do olho humano. Outro sistema muito utilizado é o Hunter.

Os parâmetros Hunter (L , a e b) provaram ser bem eficientes para descrição da mudança no visual da cor de vários produtos derivados de frutas (ÁVILA & SILVA, 1999). O valor L representa o espectro claro-escuro; o valor a é para o espectro verde-vermelho e valor b representa o espectro azul-amarelo.

Modelos cinéticos têm sido desenvolvidos para avaliar a degradação da cor e reações de escurecimento não-enzimático durante processamento de produtos derivados de frutas tais como suco de maçã, purê de pêsego e purê de pêra (RATTANATHANALERK *et al.*, 2005).

2.6 Características Sensoriais

A Análise Sensorial é baseada na avaliação subjetiva das observações relacionadas entre aparência, odor, textura e sabor. Atualmente, com o desenvolvimento da avaliação sensorial, é possível analisar de forma científica e objetiva as

características que influenciam na aceitabilidade do alimento ou bebida pelo consumidor.

A Análise Sensorial tem se constituído no pilar fundamental do desenvolvimento de novos produtos, pois ela pode medir no laboratório e a nível piloto um determinado produto, antecipando a sua aceitabilidade pelos consumidores (MODESTA, 1994).

2.6.1 Aparência e Cor

A aparência de um alimento concorre grandemente para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto os naturais quanto os processados. A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural, pigmentos naturais (BOBBIO & BOBBIO, 1985).

O impacto visual é o mais marcante. Quando se escolhe ou simplesmente se observa um objeto qualquer, o impacto causado geralmente pela cor, sobrepõe-se ao causado pelos demais atributos. Isto porque as cores caracterizam sobremaneira os objetos, constituindo-se no primeiro critério aplicado para a sua aceitação ou rejeição (MODESTA, 1994).

Segundo BOBBIO & BOBBIO (1992), o consumo de um alimento, conhecido ou não do consumidor, depende em primeira instância da sua cor e de seu aspecto. Ainda de acordo com o autor, quando um consumidor entra em contato com o alimento, a cor e a aparência são as duas primeiras sensações que o atingem, e é o que os levará a aceitação, indiferença ou rejeição.

2.6.2 Aroma

Aroma é o odor de um alimento que permite a estimulação do sentido do olfato.

Na indústria de alimentos a importância do odor está relacionada a muitos problemas atuais, como o desenvolvimento de odores desagradáveis, o controle de odores indesejáveis, uso de modificadores de odor no processamento e/ou armazenamento. Devido a grande série de respostas olfativas, há, provavelmente, mais problemas de odor do que de sabor.

Os odores desejáveis como o envelhecimento em frutas, vinhos e queijos, são bem conhecidos, mas muitos odores indesejáveis, também são associados ao armazenamento dos alimentos.

Odores indesejáveis podem se desenvolver quando o material da embalagem é inadequado ou as temperaturas de armazenamento são impróprias (MODESTA, 1994).

O que normalmente associamos às frutas e às hortaliças como sendo o seu gosto característico é relacionado em parte ao seu aroma produzido pela mistura de numerosos compostos, mais ou menos voláteis, e na proporção necessária para produzir a sensação olfativa e gustativa associada ao consumo do alimento. A absoluta maioria dos componentes desses aromas são misturas de hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, esterres, cetonas e compostos de enxofre (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

2.6.3. Sabor

Sabor é a sensação percebida através das terminações nervosas dos sentidos do olfato e gosto principalmente, porém não se deve desconhecer o estímulo simultâneo dos receptores sensoriais de pressão, e os cutâneos de calor, frio e dor (MODESTA, 1994).

Os sabores básicos são quatro: azedo, doce, salgado e amargo não são específicos de um alimento particular. Os quatro sabores estão ligados à existência, no alimento, de um ou vários compostos cuja estereoquímica, estrutura e composição é atribuída à propriedade de produzir, nas mucosas da boca, um ou mais dos sabores básicos por sua ligação com grupos receptores da proteína da mucosa bucal (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

2.7 Reologia

Reologia é definida como a ciência que estuda a resposta de um material à aplicação de uma tensão ou deformação.

Os fluidos alimentícios são caracterizados, quanto ao seu comportamento reológico em newtonianos e não newtonianos. Os fluidos newtonianos apresentam viscosidade constante, ou seja, apresentam uma relação linear entre a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento. O modelo que descreve o comportamento desses fluidos é dado pela equação (1) (HOLDSWORTH, 1993).

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma} \quad \text{Modelo de Newton} \quad (1)$$

onde: τ – tensão de cisalhamento Pa
 η – viscosidade Pa.s
 $\dot{\gamma}$ – velocidade de cisalhamento s⁻¹

Os fluidos não newtonianos, que não apresentam viscosidade constante, são classificados em independentes ou dependentes do tempo. Dentre os independentes do tempo, estão os plásticos de Bingham (margarinas, óleos vegetais, entre outros); os fluidos pseudoplásticos ou *shear thinning* (sucos de frutas concentrados, purês de frutas e vegetais) e os fluidos dilatantes ou *shear thickening* (suspensões de amido, mel). Já os fluidos dependentes do tempo, cuja viscosidade depende não somente da taxa de cisalhamento, como também do tempo de escoamento estão divididos em tixotrópicos (maionese, iogurte) e reopéticos (HOLDSWORTH, 1993).

O comportamento reológico dos sucos é usado, de um lado como medida de qualidade desses produtos e por outro, é indispensável para o projeto, avaliação e operação dos equipamentos de processos (IBARZ, 1996). Segundo Holdsworth (1971), citado por PELEGRINE *et al.* (2000), a maioria dos alimentos fluidos derivados das frutas apresenta comportamento pseudoplástico, onde a viscosidade aparente decresce com o aumento da taxa de deformação.

A inexistência de dados reológicos sobre frutas tropicais na literatura tem levado a indústria nacional a utilizar no processo de fabricação destes sucos, condições semelhantes às aplicadas na produção do suco de laranja. Todavia, por terem propriedades diferentes, os resultados não atingem o mesmo nível de qualidade (VIDAL *et al.*, 2004).

Os modelos reológicos mais citados nas referências bibliográficas para a caracterização reológica de sucos e polpas de frutas são: Ostwald-De-Waele ou Lei da Potência, Herschel-Bulkley, Mizrahi & Berk e Casson, representados pelas equações 2, 3, 4 e 5 respectivamente:

$$\tau = K_{lp} \cdot (\gamma)^{n_{lp}} \quad (2)$$

$$\tau = K_{0,hb} + K_{hb} \cdot (\gamma)^{n_{hb}} \quad (3)$$

$$(\tau)^{0,5} = K_{0,mb} + K_{mb} \cdot (\gamma)^{n_{mb}} \quad (4)$$

$$(\tau)^{0,5} = K_{0,c} + K_c \cdot (\gamma)^{0,5} \quad (5)$$

onde τ é a tensão de cisalhamento; γ é a taxa de deformação; K_{lp} , K_{hb} , K_{mb} e K_c são índices de consistência; $K_{0,hb}$, $K_{0,mb}$ e $K_{0,c}$ são constantes dos modelos e n_{lp} , n_{hb} e n_{mb} são os índices de comportamento reológico (SILVA *et al.*, 2005).

PELEGRINE *et al.* (2000), utilizaram o modelo reológico de Misrahi-Berk no ajuste dos reogramas obtidos para polpas integrais e centrifugadas de manga e abacaxi, utilizando as medidas da taxa de deformação e tensão de cisalhamento, com base no estudo dos próprios Misrahi-Berk, que afirmam ser este modelo, o que melhor tem se ajustado à maioria dos reogramas das polpas, sucos e purês de frutas, já que quando o desenvolveram, basearam-se em um modelo de suspensão de partículas interagindo em um solvente pseudoplástico. Da mesma forma, VIDAL *et al.* (2004), analisando o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga, encontraram o modelo de Mizrahi-Berk como sendo o que melhor descreveu o comportamento da polpa de manga integral e o modelo da Lei da Potência, como sendo melhor ajustado à polpa de manga centrifugada, já que estes proporcionaram os melhores parâmetros de ajuste. Entretanto, de acordo com SILVA *et al.* (2005), o modelo que descreveu adequadamente o comportamento reológico do suco de acerola industrializado foi o de Herschel-Bulkley.

De acordo com estudos realizados para verificar a influência da temperatura no comportamento reológico, verifica-se que esta influencia pouco no índice de comportamento (n), enquanto apresenta efeito marcante no índice de consistência (K). Em estudo de VIDAL *et al.* (2004), com polpas de manga integral e centrifugada, foi observado o seguinte comportamento: a viscosidade da polpa integral diminuiu com o aumento da temperatura até 40°C e para temperaturas entre 50°C e 60°C a viscosidade aumentou, o que pode ser explicado por um possível aumento de mobilidade e, portanto, interação entre fibras suspensas, já que esse comportamento não foi observado na polpa centrifugada, a qual teve sua viscosidade diminuída com o aumento de temperatura até 60°C.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Matéria-Prima

Frutos de umbu, sem estágio de maturação caracterizado, foram adquiridos na forma congelada da empresa de polpas de frutas FRUTNAT, localizada em Campina Grande no estado da Paraíba, e transportados via aérea para Embrapa Agroindústria de Alimentos – Rio de Janeiro.

3.1.1 Obtenção de polpa

A Figura 3.1 mostra o fluxograma utilizado para produção e processamento da polpa de umbu.

3.1.2 Cálculo do rendimento da polpa

Os frutos foram pesados antes e após o despolpamento.

$$\% \text{ Rendimento} = \frac{P_f}{P_i} \times 100 \quad (6)$$

Onde:

P_i = Peso dos frutos antes do despolpamento

P_f = Peso da polpa após despolpamento e refino

Os frutos, recebidos em caixas de isopor ainda congelados, foram descongelados e pesados.

Como informado pela empresa fornecedora, os frutos sofreram uma pré-lavagem e seleção, com o objetivo de eliminar frutos estragados, lavagem por imersão em solução de 25 ppm de cloro comercial a 10%, ficando imersos durante 20 minutos, seguida de lavagem em água corrente. Posteriormente foram embalados em sacos plásticos e armazenados em câmara frigorífica a -18°C na própria empresa, antes de seu envio.

Após descongelamento dos frutos e pesagem, foi realizada a operação de despolpamento em despolpadeira elétrica horizontal, dotada de malha com 2,5mm de diâmetro e raspador de polietileno, da marca ITALMAT modelo BONINA 0,25 DF A8, com vazão máxima de 10Kg/batelada. A polpa foi recolhida na parte inferior do equipamento em recipientes limpos de aço inox e armazenados em bombonas de 5 litros, previamente higienizadas com solução de água clorada 20ppm. O material fibroso, sementes e casca foram separados para posterior pesagem. A fim de facilitar a despolpagem, os frutos sofreram um branqueamento a 100°C, por aproximadamente 3 minutos.

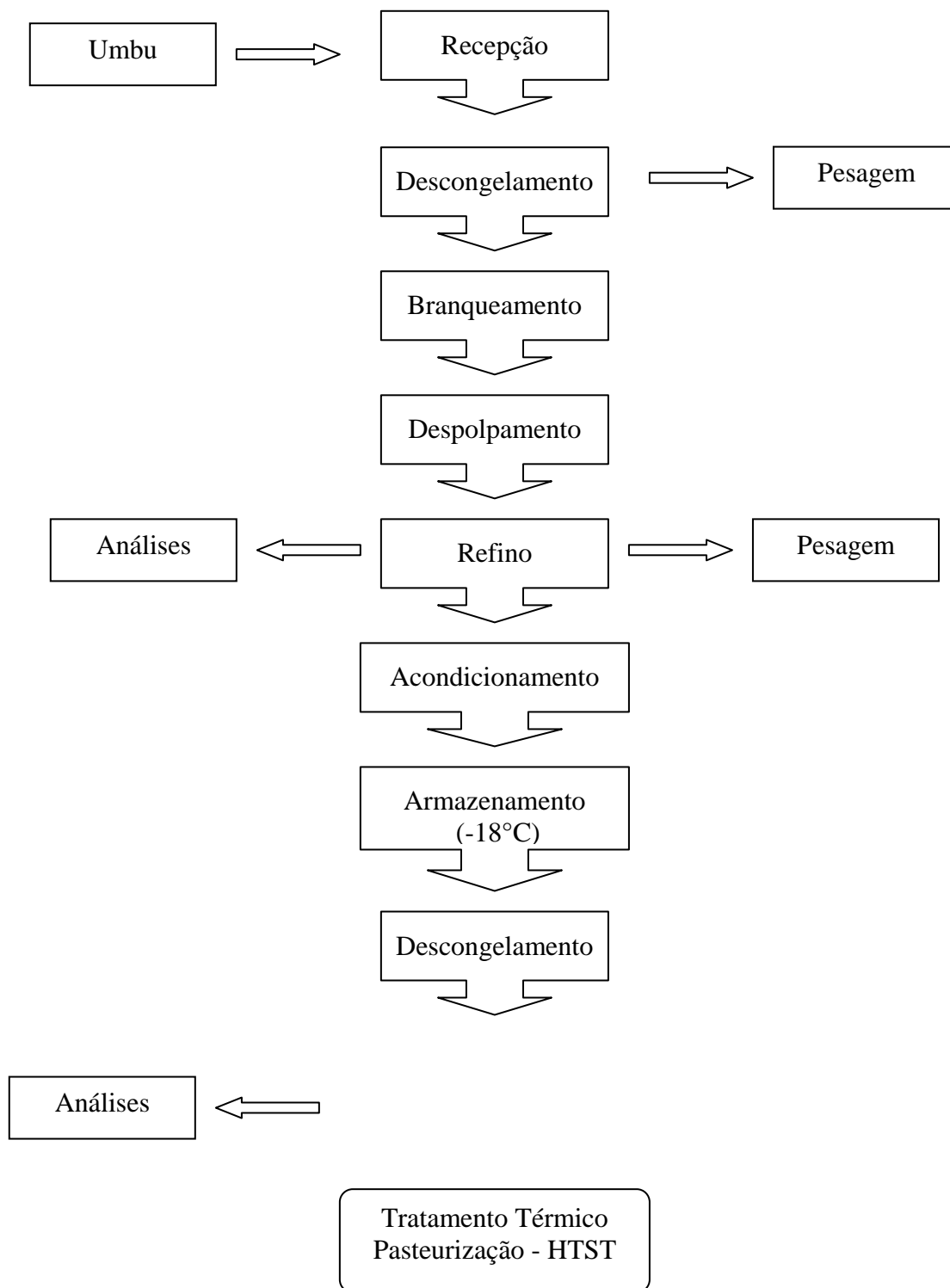


Figura 3.1 – Fluxograma de obtenção e processamento da polpa de umbu

O binômio (temperatura x tempo) escolhido para branqueamento dos frutos foi baseado em estudos anteriores (JORGE, 2003) com o mesmo fruto, seguindo-se as recomendações do INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (1975), que recomenda para suco de frutas ácidas o processamento dos frutos por alguns minutos em água em ebulição, de tal maneira que a temperatura interna do produto seja em torno de 87°C. No estudo de JORGE (2003), o branqueamento utilizado (100°C/3min) nas polpas de umbu verdes também foi usado como forma de facilitar a despulpagem.

Para obtenção de uma granulometria adequada, além de melhorar o aspecto visual e estabilidade física da polpa, ficando livre de pedaços de sementes e pequenas frações de fibras, esta sofreu um refino na mesma despulpadeira, usando-se malha com 0,6mm de diâmetro.

No decorrer do processamento foram feitas as pesagens necessárias para posterior cálculo do rendimento.

A polpa foi armazenada em câmara frigorífica a -18°C até o momento dos processamentos térmicos.

Foram realizadas análises para verificar o efeito do branqueamento nas características do fruto e na inativação enzimática, porém a polpa branqueada e congelada foi a referência para as análises posteriores na avaliação dos efeitos do tratamento térmico.

3.2 Análises

3.2.1 Análises químicas e físico-químicas

Realizadas no laboratório de Físico-Química da Embrapa Agroindústria de Alimentos.

➤ pH – Leitura direta em pHâmetro, aferido em temperatura ambiente e calibrado em solução tampão de pH 7 e pH 4, de acordo com método n.º 973.41, da AOAC (2000).

➤ Sólidos Solúveis Totais – Segundo método n.º 932.14, da AOAC (2000).

➤ Acidez Total Titulável – Determinada por titulometria e expressa em relação ao teor de ácido cítrico, conforme metodologia n.º 942.15 descrita em AOAC (2000). Os resultados foram obtidos através da seguinte fórmula:

$$\text{g Ácido Cítrico} / 100\text{g} = \frac{V \cdot N \cdot f \cdot 0,064 \cdot 100}{P} \quad (7)$$

Onde:

V = volume gasto de solução de NaOH em mL

N = normalidade da solução de NaOH

f = fator de correção

P = peso da amostra

➤ Proteínas – Determinada conforme método recomendado pela AACC (1995), n.º46-13. Método Kjeldahl tradicional modificado (catalisador Na₂SO₄ e Se; titulante: H₂SO₄ 0,1N). Calculou-se o teor de nitrogênio total contido na amostra, através do fator de análise de 1ml de solução normal de ácido sulfúrico equivalente a 14mg de

nitrogênio. A quantidade de proteínas da amostra foi determinada multiplicando-se a quantidade de nitrogênio total da amostra por 6,25.

➤ Extrato Etéreo – Realizado através de hidrólise ácida, de acordo com a metodologia n.º 922.06, da AOAC (2000).

➤ Cinzas – Obtidas pela calcinação da matéria orgânica após carbonização da amostra, conforme metodologia n.º 923.0, da AOAC (2000).

➤ Umidade – Determinada de acordo com método n.º 934.06., da AOAC (2000), onde o material foi dessecado em estufa a vácuo até peso constante.

➤ Minerais – Fósforo, Cálcio e Ferro: Técnica descrita pelo AOAC (2000), através de mineralização por cinzas, de acordo com o método n.º 999.11 e quantificação de acordo com método n.º 9.2.39.

➤ Vitamina C – Foi utilizado o método cromatográfico de alta eficiência. Para esta análise utilizou-se um sistema (Alliance Waters 2690/5) com injetor automático refrigerado e um detetor de UV com arranjo de fotodiodos, que permite medir a absorvância do analito em uma faixa de comprimento de onda. O comprimento de onda de absorvância máxima da vitamina C (ácido ascórbico) é 243,8nm. A coluna utilizada foi de troca iônica (Bio-Rad), com agrupamentos H⁺ e fase móvel H₂SO₄ diluído.

O preparo das amostras foi realizado visando-se sempre proteger o material da ação da luz e do calor, pelo fato do ácido ascórbico ser foto e termosensível. As amostras foram todas manipuladas em sala escura com luz negra, projetada especificamente para este tipo de análise. Depois de preparada (amostra pesada, diluída com ácido e filtrada), a amostra foi injetada no cromatógrafo e quantificada por padronização externa, utilizando-se o software Empower para aquisição dos dados.

➤ Carotenóides Totais – A quantificação de carotenóides totais foi feita por espectrofotometria, de acordo com a técnica proposta por AMAYA (2001).

O preparo das amostras para realização desta análise foi feito em sala escura, uma vez que os carotenóides são fotosensíveis.

Neste método fez-se a extração dos carotenóides com acetona e celite (agente abrasivo). O extrato obtido é levado para um funil de separação onde foi adicionado éter de petróleo e água. Nesta etapa, os carotenóides migram para a fase etérea e a acetona para a fase aquosa. Por fim, leu-se a absorvância da fase orgânica à 450nm, em espectrofotômetro UV-Visível Specord 205.

3.2.2 Análise reológica

As medidas reológicas foram realizadas no laboratório da planta piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos, mediante emprego do reômetro rotacional, marca CONTRAVES, modelo Rheomat 30, de cilindros concêntricos, baseado na determinação do torque no próprio cilindro interno. O tempo de corrida foi de 4 minutos e o sistema de medida utilizado foi DIN 25, usado para essa faixa de viscosidade. As velocidades rotacionais do cilindro interno estiveram na faixa de 4,76 e 350 rpm. Para cada velocidade selecionada, o equipamento media o torque correspondente e a partir destes pares de valores era possível calcular a taxa de deformação e a tensão de cisalhamento, multiplicando-os por fatores, estabelecidos pelo fabricante, que variavam

com a geometria dos sistemas. As amostras foram submetidas a uma faixa de taxa de deformação variando de 6,15 a 451,85 s⁻¹. A medição ocorreu em banho termostatizado de água a 20°C (Rheotherm 115) para manter a temperatura constante durante as medidas. O sistema ainda consistia de um programador (Rheoscan 100) e registrador gráfico (Rikadenki).

Esta análise não teve como objetivo traçar o perfil do comportamento reológico da polpa de umbu. Buscou-se, como forma de comparação entre os tratamentos aplicados, verificar a natureza do fluido e o comportamento da viscosidade ao longo do processo. O modelo aplicado foi o da Lei da Potência, mais adequado segundo os coeficientes de correlações encontrados, optando-se em considerar apenas os pontos de volta, ou seja, da curva descendente.

3.2.3 Análises microbiológicas

Realizadas no laboratório de Microbiologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, com metodologia baseada na Instrução Normativa n.º 62, de 26 de agosto de 2003.

➤ Determinação de Coliformes pelo método de número mais provável (NMP) – em caldo de cultura lauril sulfato lactose foram semeadas diluições (decimais) em séries de 3 tubos, partindo-se de uma amostra representativa. Após incubação em estufa, a 35-37°C por 48h, foram verificados a existência de tubos positivos, ou seja, a presença de gás nos tubos de *Durhan*. A partir dos tubos onde houvesse crescimento e formação de gás, dever-se-ia inocular em tubos com caldo lactosado bile, determinando-se o NMP de coliformes totais através do número de tubos positivos, ou seja, com presença de gás no caldo lactosado. Para determinação de coliformes fecais, dever-se-ia partir dos tubos positivos para coliformes totais, em caldo lauril, transferindo-se para tubos de caldo EC e incubando em banho-maria com agitação a 45°C por 24h.

➤ Determinação de Bolores e Leveduras – Foram preparadas diluições decimais até 10⁻⁴, procedendo-se ao plaqueamento em profundidade, com placas em duplicata, utilizando-se agar batata dextrose. As placas foram incubadas a +/- 24°C e analisadas entre 3 e 5 dias. Resultado expresso como UFC/g.

➤ Determinação de Contagem Padrão em Placas – Foram preparadas diluições decimais até 10⁻⁴, distribuindo-se 1mL de cada diluição em placas de petri, em duplicata, adicionando-se o agar específico para contagem padrão (PCA). As placas foram incubadas a 35°C por 48h, para então serem analisadas. Resultado expresso como UFC/g.

➤ Determinação de *Salmonella* – foi realizado o pré-enriquecimento da amostra com água peptonada tamponada. Em seguida, em condições de incubação para enriquecimento, foram transferidas porções de 1mL do caldo de pré-enriquecimento para tubos contendo caldo Rappaport, incubados a 43°C/24h e caldo Selenito, incubados a 36°C/24h. Após incubação, realizou-se o plaqueamento seletivo, semeando-se estrias em Agar BPLS e Agar Hektoen a partir de cada um dos tubos. As placas foram incubadas a 36°C/24h e em seguida, examinadas quanto ao desenvolvimento de colônias típicas, que se presentes, deveriam ser isoladas e analisadas em outros meios específicos. Resultado expresso como ausência ou presença de *Salmonella* em 25g.

3.2.4 Análise enzimática

A preparação do extrato das enzimas (peroxidase e polifenoloxidase) foi realizada a partir de modificação no procedimento adotado por CANO *et al.* (1987). Para determinação da atividade enzimática do extrato, realizou-se a homogeneização de 1,5g de cada amostra com 2,4mL de tampão fosfato de potássio 0,3M (pH 6,5), contendo 1% de polivinilpirrolidona (PVPP) e completando-se o volume até 50mL com água destilada. A homogeneização foi realizada manualmente por 3 minutos, aproximadamente. Depois de homogeneizado, o extrato foi filtrado em papel de filtro qualitativo de filtração média.

A atividade de peroxidase foi medida espectrofotometricamente usando alíquotas de 0,025mL do extrato e uma mistura reacional composta de 2,7mL de tampão fosfato de potássio 0,05M (pH 6,5), com 0,2mL de p-fenilenodiamina 1% (p/v) como doador de hidrogênio, e 0,1mL de peróxido de hidrogênio 1,5 % (p/v) como oxidante. A oxidação da p-fenilenodiamina foi medida usando-se um espectrofotômetro de canhão duplo a 485nm e 25°C.

A atividade de polifenoloxidase foi medida espectrofotometricamente usando-se alíquotas de 0,2mL de extrato, e uma mistura reacional composta de 3mL de uma solução 0,07M de catecol em tampão fosfato de sódio 0,05M (pH 6,5). A absorbância foi medida usando-se um espectrofotômetro de canhão duplo a 420nm e 25°C.

Esta análise foi realizada no laboratório da planta piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos, em uma pequena amostra dos frutos antes de serem branqueados e na polpa após branqueamento.

3.3 Tratamento Térmico

3.3.1 Planejamento experimental

O planejamento experimental do tratamento térmico é apresentado na tabela abaixo (3.1).

Tabela 3.1 – Combinações para duas variáveis, temperatura e tempo, usadas no planejamento fatorial completo com repetição do ponto central.

ENSAIOS	Níveis de Temperatura		Níveis de Tempo	
	Variáveis codificadas (X1)	Temp (°C)	Variáveis codificadas (X2)	Tempo (seg)
1	-1	88	-1	10
2	-1	88	-1	10
3	0	92	0	20
4	0	92	0	20
5	0	92	0	20
6	1	96	1	30
7	1	96	1	30

Duas variáveis independentes, temperatura e tempo, foram usadas no estudo. O planejamento completo consistiu de sete experimentos, os quais incluíram 3 repetições do ponto central. Os resultados foram analisados estatisticamente usando o Software

Statística 5.0, e foram baseados na avaliação dos efeitos das variáveis e análise de variância para o modelo linear referente ao planejamento.

3.3.2 Pasteurização tipo HTST

Para realização do tratamento térmico, realizado na planta piloto da Embrapa Agroindústria de Alimentos, foi utilizado um trocador de calor de superfície raspada, da marca ARMFIELD tipo FT 74 PT-90, adequado para produtos viscosos.

O equipamento apresentava uma unidade de resfriamento com água gelada, gerando uma temperatura de saída em torno de 20°C. A troca de calor ocorria em três unidades, as quais se dividiam em pré-aquecimento, aquecimento à temperatura fixada no processo e resfriamento. Para o ajuste do processamento foram fixados alguns parâmetros, como pressão; comprimento da seção (tubo de retenção); diâmetro da tubulação e volume da seção. Conforme o tempo do processo variava, a vazão modificava. O processo era realizado variando-se os tempos e as temperaturas, conforme o planejamento acima.

Após tratamento térmico, o produto passou pela unidade de envase ultralimpo sendo acondicionado em garrafas plásticas de 300mL, previamente higienizadas por imersão em solução de água clorada a 20ppm por 20 minutos, e enxaguadas em água corrente tratada com 3 ppm de cloro. Estas foram encaminhadas para análises posteriores e/ou mantidas congeladas até o momento de serem analisadas, como no caso da análise microbiológica, que foi realizada na UFRuralRJ.

3.4 Análise de Cor

A análise instrumental da cor foi realizada por reflectância no equipamento S & M Colour Computer, modelo SM – 4 – CH da Suga, no sistema Hunter, com abertura de 30 mm de diâmetro. Os parâmetros de cor medidos em relação à placa branca ($L = 90,23$; $a = -2,34$; $b = 1,39$) foram:

- L = luminosidade (0 = preto e 100 = branco)
- a (- 80 até zero = verde; zero ao + 100 = vermelho)
- b (- 100 até zero = azul; zero ao + 70 = amarelo)

Foram realizadas quatro repetições dispostas em placa de Petri com 5 cm de diâmetro e 2 cm de altura.

3.5 Avaliação Sensorial

As avaliações da polpa de umbu foram realizadas por uma equipe de nove provadores treinados e foram divididas nas seguintes etapas: levantamento de atributos, treinamento de provadores e testes sensoriais. Estes métodos forma de acordo com metodologia de MODESTA (1994).

3.5.1 Levantamento de atributos

A primeira etapa constou do levantamento de todos os atributos percebidos pela equipe usando a polpa sem diluição. A fim de facilitar a percepção dos atributos pela equipe, já que a polpa se encontrava muito ácida quando não diluída, foi realizada a diluição da polpa, que teve seu teor de sólidos solúveis alterado de 9° para 3°Brix. Para melhor reconhecimento dos aromas e sabores, foi decidido dividir essa etapa, sendo que em cada dia, as amostras provenientes de processos diferentes foram avaliadas

separadamente sempre em relação à polpa branqueada diluída. Foram 5 dias até o fechamento final dos atributos, quando todos os provadores decidiram quais atributos realmente estavam presentes e quais poderiam ser excluídos.

3.5.2 Treinamento de provadores

Nessa etapa, os nove provadores receberam amostras diluídas de cada processo, separadamente, para avaliarem em relação à referência (polpa branqueada diluída). Treinamento adicional foi feito por mais 5 dias, realizando a avaliação da intensidade de cada atributo em relação à referência, e após esse período, todas as amostras foram apresentadas juntas, inclusive a referência, e codificadas.

3.5.3 Testes sensoriais

A avaliação final foi feita através do teste de comparação múltipla. Tal teste permite comparar duas ou mais amostras com a referência em relação aos atributos previamente selecionados. Neste caso, a amostra referência (polpa de umbu branqueada diluída) foi apresentada como tal, e a polpa proveniente dos processos mais a referência foram codificadas.

Quando os provadores detectavam diferença entre uma amostra e a referência, foi também solicitado que os mesmos quantificassem tal diferença, uma vez que o tamanho desta é um fator muito importante na tomada de decisões. O modelo da ficha utilizada é mostrado no Anexo V.

Cada análise foi realizada com 3 repetições, conduzidas nas cabines sensoriais do Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria de Alimentos. As amostras foram avaliadas sob luz branca e a apresentação das amostras foi balanceada.

As polpas de umbu foram servidas sem adição de açúcar, em copinhos (50mL) de plástico branco, codificados com números de três dígitos. Entre uma amostra e outra, os provadores usaram água mineral à temperatura ambiente e biscoito cream cracker para limpeza do palato.

Os valores atribuídos pelos provadores para cada amostra foram convertidos em números e analisados estatisticamente através de análise de variância e do teste de Dunnett, ao nível de 5%, a fim de verificar se houve diferença entre cada amostra processada e a referência (polpa branqueada diluída). Para nenhuma diferença em relação à referência foi atribuído o valor 5. Para a diferença leve, moderada, muita e extrema foram designados 4, 3, 2, ou 1, respectivamente, quando a amostra apresentava menor quantidade de um determinado atributo; ou os valores 6 (leve), 7 (moderada), 8 (muito), ou 9 (extrema), quando amostra apresentava maior quantidade do atributo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Rendimento da Polpa

O rendimento observado no despulpamento foi de 49%. Esse resultado fica próximo ao encontrado por BORGES *et al.* (2003) para os frutos maduros (50,39%), porém contrasta com os valores citados por BISPO (1989), que encontrou um rendimento de 57,14% no processamento da polpa em escala piloto e 60,94% em escala laboratorial, fato justificado devido às perdas industriais durante o processamento. FERREIRA (2000), encontrou um rendimento, em laboratório, da polpa de umbu maduro de 71,74% e explica que estas variações podem ser aceitáveis, pois se trata de uma matéria-prima cujas variedades ainda não foram identificadas cientificamente.

4.2 Caracterização Química e Físico-Química da Polpa de Umbu

Os resultados obtidos das análises químicas e físico-químicas em relação à polpa branqueada estão apresentados na Tabela 4.1.

O valor encontrado para o pH na polpa branqueada (2,95) aproxima-se do encontrado por POLICARPO *et al.* (2003), 2,68, na polpa de umbu branqueada a 100°C por 5 minutos, porém diverge ligeiramente dos valores encontrados por BISPO (1989), na polpa de umbu após tratamento a 80°C por 3 minutos (2,45), e por XAVIER (1999), na polpa de umbu industrializada branqueada (2,40). A acidez total titulável (1,36%), é comparável à determinada por BISPO (1989), 1,23%, BORGES *et al.* (2003), 1,47%, e POLICARPO *et al.* (2003), 1,5%, para polpa de umbu branqueada.

Tabela 4.1 – Características químicas e físico-químicas da polpa de umbu branqueada.

Características	Polpa de umbu branqueada
pH	2,95
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	8,96
Acidez Total Titulável (%)	1,36
Umidade (%)	89,04
Proteínas (%)	1,19
Extrato Etéreo (%)	0,41
Cinzas (%)	0,36
Cálcio (mg/100g)	18,55
Ferro (mg/100g)	0,22
Fósforo (mg/100g)	14,42
Vitamina C (mg/100g)	ND
Carotenóides Totais (mg/100g)	0,76

ND: Não Detectado

O teor de sólidos solúveis (8,96°Brix) foi similar ao encontrado por POLICARPO *et al.* (2003) na polpa de umbu branqueada, 8,0.

O teor de umidade obtido (89,04%) é comparável com os determinados por BISPO (1989), 89,89%, XAVIER (1999), 89,64% e está próximo dos teores encontrados por FERREIRA (2000), 91,33%. Quanto ao teor de proteínas (1,19%), este foi superior ao encontrado por BISPO (1989) na polpa de umbu após processamento, 0,52%, e aos reportados na Tabela 2.5.

Em relação aos lipídeos (0,41%), mostraram-se próximos aos encontrados por BISPO (1989), 0,35% e XAVIER (1999), 0,30%.

O teor de cinzas (0,36%) foi comparável ao encontrado por BISPO (1989), 0,35%.

Os teores de Cálcio (18,55 mg/100g) e Ferro (0,22 mg/100g) foram inferiores aos determinados por BISPO (1989), 26,33 mg/100g e 1,66 mg/100g, respectivamente, porém o teor de Fósforo (14,42 mg/100g) foi comparável, 15,97 mg/100g. NARAIN *et al.* (1991), reportou valores de 15,1 mg/100g para o teor de cálcio nos frutos de umbu inchados, ligeiramente inferiores aos encontrados neste trabalho. O teor de ferro reportado pelo autor, 1,4 mg/100g, foi superior, enquanto que os valores encontrados para o teor de fósforo (23,9 mg/100g) podem ser comparados com a polpa aqui analisada.

O teor de ácido ascórbico não foi detectado na polpa branqueada, divergindo de outros trabalhos com polpa de umbu após branqueamento, como o de POLICARPO (2002), que encontrou valores de até 19,33 mg/100g de vitamina C na polpa de umbu verde.

Examinando-se o valor obtido para o teor de carotenóides totais (0,76 mg/100g), este se apresentou inferior ao encontrado por XAVIER (1999) na polpa de umbu industrializada, 12,03 mg/100g.

A Tabela 4.2 mostra os resultados para as características físico-químicas da polpa de umbu branqueada e processada sob diferentes binômios tempo-temperatura.

Tabela 4.2 – Efeito do tratamento térmico sobre as características físico-químicas da polpa de umbu

Amostras ¹	pH	Sólidos Solúveis (°Brix)	Acidez (% Ac. Cítrico)
Polpa branqueada	2,95	8,96	1,36
1	2,94	8,96	1,38
2	2,93	8,96	1,36
3	2,93	8,96	1,34
4	2,95	9,06	1,34
5	2,94	8,96	1,36
6	2,94	8,96	1,39
7	2,93	9,06	1,38

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/20s (1); 4 – 92°C/20s (2); 5 – 92°C/20s (3); 6 – 96°C/10s; 7 – 96°C/30s

A análise de variância (Anexo I) e a estimativa dos efeitos (Anexo II) mostraram que não houve diferença significativa do tratamento para estas propriedades. Em relação à polpa branqueada, observa-se um ligeiro aumento na acidez, nas condições de maior tempo e temperatura (1,39%), da mesma forma para o teor de sólidos solúveis, que apresentou o valor máximo (9,06°Brix) no processo realizado sob condições extremas (96°C/30s).

BISPO (1989), estudando os produtos industrializáveis do umbu, encontrou pequenas variações para o pH da polpa tratada termicamente a 100°C/20min e armazenada a 28°C e para polpa sem tratamento térmico e congelada a -18°C, assim como não observou variações para os sólidos solúveis. JORGE (2003), em seu estudo com polpa de umbu preservada por métodos combinados, encontrou uma ligeira redução de pH e acidez após pasteurização a 65°C/30min para polpa de umbu verde, o que relacionou com uma possível volatilização de ácidos orgânicos.

Os resultados encontrados para a composição centesimal da polpa de umbu branqueada e processada estão na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Efeito do Tratamento Térmico sobre a composição centesimal da polpa de umbu

Amostras ¹	Umidade (%)	Proteínas (%)	Extrato Etéreo (%)	Cinzas (%)	Minerais (mg/100g)		
					Cálcio	Ferro	Fósforo
Polpa branqueada	89,04	1,19	0,41	0,36	18,55	0,22	14,35
1	89,16	0,94	0,23	0,32	18,22	0,21	14,66
2	89,39	0,87	0,26	0,34	17,79	0,23	14,42
3	89,78	0,94	0,25	0,34	16,79	0,22	14,14
4	89,66	0,87	0,18	0,37	18,24	0,23	14,19
5	89,41	0,81	0,18	0,35	18,24	0,28	14,27
6	89,85	0,75	0,29	0,38	18,09	0,32	14,27
7	89,43	0,75	0,38	0,35	17,78	0,24	14,21

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/20s (1); 4 – 92°C/20s (2); 5 – 92°C/20 (3); 6 – 96°C/10s; 7 – 96°C/30s

De acordo com a análise de variância (Anexo I) e a estimativa dos efeitos (Anexo II), não houve diferença significativa entre os tratamentos para as propriedades relacionadas acima, a não ser para o teor de fósforo, que sofreu alterações provocadas pela temperatura. As demais características não apresentaram alterações significativas ao nível de 5% em relação aos fatores temperatura, tempo e interação temperatura x tempo estabelecido nos processos.

Pode-se observar que, em relação à polpa branqueada, a umidade tendeu a um ligeiro aumento ao longo dos processos. Já o teor de proteínas apresentou uma leve diminuição, assim como o extrato etéreo.

A análise dos teores de vitamina C e carotenóides totais foram determinadas em uma pequena parte do fruto despulpado manualmente, antes do branqueamento, a fim de se ter uma idéia do conteúdo desses componentes antes dos processamentos, já que a polpa de umbu branqueada foi o ponto de partida desse estudo (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 – Teores de vitamina C e carotenóides encontrados no fruto e na polpa de umbu branqueada

Amostras	Vitamina C (mg/100g)	Carotenóides Totais (mg/100g)
Fruto <i>in natura</i>	0,15	0,43
Fruto branqueado	ND	0,79

ND: não detectado

O teor de vitamina C encontrado no fruto sem nenhum tratamento térmico foi de 0,15mg/100g, confirmando que se trata de um fruto pobre nessa vitamina, apesar de alguns autores relatarem teores mais elevados, como FERREIRA (2000), que encontrou 13,31mg/100g e POLICARPO (2002), com valores de até 19,33mg/100g para polpa de umbu verde. Após branqueamento, os teores de vitamina C não foram detectados e o teor de carotenóides sofreu um leve aumento, o que pode ser explicado pelo tratamento sofrido em sistema aberto, possibilitando a concentração desse componente.

Após processamento térmico, sob as condições estabelecidas, os teores de carotenóides foram novamente determinados, conforme mostrado na tabela abaixo.

Tabela 4.5 – Efeito do Tratamento Térmico sobre os teores de carotenóides para polpa de umbu

Amostras ¹	Carotenóides Totais (mg/100g)
1	0.74
2	0.68
3	0.63
4	0.68
5	0.62
6	0.79
7	0.76

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/20s (1); 4 – 92°C/20s (2); 5 – 92°C/20s (3); 6 – 96°C/10s; 7 – 96°C/30s

De acordo com a análise de variância (Anexo I) e a estimativa dos efeitos dos fatores (Anexo II), o teor de carotenóides totais não apresentou diferença significativa durante os processos. Pode-se observar que, em relação à polpa branqueada (Tabela 4.4) os teores diminuíram nos primeiros processos e tornou a aumentar nos processos mais altos, chegando a um valor máximo de 0,79 mg/100g nas condições de 96°C/10seg, o que pode ser atribuído ao congelamento da polpa até o momento da análise, fazendo com que houvesse uma perda de água e/ou a desproteínização de algum componente ligado à proteína, porém de forma não significativa.

XAVIER (1999), encontrou valores de 8,15mg/100g (β -caroteno) no fruto e 12,03 mg/100g (β -caroteno) na polpa industrializada.

Variações nos resultados podem ser atribuídas às diferentes condições de cultivo, ao estágio de maturação dos frutos na colheita e ao tipo do método utilizado para as determinações (XAVIER, 1999). É importante ressaltar que os frutos aqui analisados não possuíam estádios de maturação caracterizados.

4.3 Análises Microbiológicas

Os resultados da análise microbiológica das polpas de umbu, branqueada e processada, são apresentadas na Tabela 4.6 e indicam que os produtos foram obtidos dentro dos padrões de higiene recomendados pela legislação.

Tabela 4.6 - Resultados da análise microbiológica das polpas de umbu branqueada e processada.

Análises	Amostras ¹							
	Polpa branqueada	1	2	3	4	5	6	7
Bolores e Leveduras (UFC/g)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Coliformes Totais (NMP/g)	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Contagem Padrão (UFC/g)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Salmonella	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g	Ausência em 25g

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/20s (1); 4 – 92°C/20s (2); 5 – 92°C/20s (3); 6 – 96°C/10s; 7 – 96°C/30s

4.4 Determinação Enzimática

A atividade enzimática foi verificada no fruto despulpado manualmente e na polpa, após branqueamento (Tabela 4.7). Foi verificado que após branqueamento dos frutos, a atividade residual para peroxidase foi de 7,2%, enquanto para polifenoloxidase foi de 3,3%. JORGE (2003), em seus experimentos com polpa de umbu realizou um branqueamento nas mesmas condições (100°C/3min), comprovando, de forma qualitativa, a eficácia do tratamento para atividade de peroxidase.

O branqueamento, que a princípio teve a finalidade de facilitar a despulpagem, contribuiu de forma significativa para a inativação enzimática, em maior parte da polifenoloxidase. Dessa forma, a presença de enzimas deteriorativas não foi considerada um fator de relevância para perda de qualidade das polpas processadas, o que também foi concluído no estudo de RATTANATHANALERK *et al.* (2005), sobre a perda de qualidade do suco de abacaxi pelo processamento térmico. O escurecimento não-enzimático e a destruição de pigmentos foram considerados os maiores causadores da mudança de cor no suco de abacaxi, ignorando a reação de escurecimento enzimático nesse estudo, já que as enzimas causadoras do escurecimento foram susceptíveis ao aquecimento, em temperaturas maiores que 50°C.

Tabela 4.7 – Resultados para análise enzimática

Atividade Enzimática (uni. ativ. enz./min)	Fruto <i>in natura</i>	Fruto branqueado	Atividade Enzimática Residual (%)
Peroxidase	0,945	0,068	7,26
Polifenoloxidase	0,297	0,009	3,36

4.5 Análise de Cor

Os resultados para análise de cor da polpa de umbu branqueada são mostrados na Tabela 4.8, de acordo com os parâmetros L*, a*, b*.

Os valores encontrados para os parâmetros L* a* b* na polpa branqueada são comparáveis aos divulgados por POLICARPO *et al.* (2003), na polpa de umbu verde após branqueamento (L* = 52,16; a* = 1,93; b* = 22,50).

Tabela 4.8 – Resultados para análise de cor da polpa de umbu branqueada

Parâmetros de cor	Polpa de umbu branqueada
L*	40,75
a*	1,32
b*	22,58

O efeito do tratamento térmico nesses parâmetros é mostrado na tabela 4.9.

Tabela 4.9 – Efeito do Tratamento Térmico sobre a cor da polpa de umbu branqueada processada

Amostras ¹	Parâmetros		
	L*	a*	b*
1	40.21	2.18	22.18
2	40.20	2.35	22.17
3	40.07	1.97	22.36
4	40.29	1.92	22.12
5	40.02	2.00	22.14
6	39.54	1.82	22.25
7	39.32	2.65	21.80

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/20s (1); 4 – 92°C/20s (2); 5 – 92°C/20s (3); 6 – 96°C/10s; 7 – 96°C/30s

Segundo a análise de variância (Anexo III) e através do efeito das estimativas (Anexo IV), pode-se observar que o fator temperatura afetou de forma significativa o parâmetro L*. O parâmetro a* foi afetado, de forma significativa, pelo tempo e pela interação tempo x temperatura, ao contrário do parâmetro b*, que não sofreu alteração significativa para nenhum dos fatores analisados entre os tratamentos estabelecidos.

De maneira geral, os valores de L* tenderam a diminuir com o aumento da temperatura do processo, apresentando um leve escurecimento nas polpas processadas quando comparadas à polpa branqueada (Tabela 4.8). O parâmetro a* tendeu para diminuição do verde, principalmente sob as condições de maior tempo e temperatura (processo 7), o que pode ser explicado pela oxidação de pigmentos, principalmente da clorofila, promovida pela exposição à alta temperatura. Já o parâmetro b* mostrou uma ligeira redução do amarelo, obtendo o menor valor também sob as condições de maior tempo e temperatura, quando comparado com a polpa branqueada (Tabela 4.8). Da mesma forma, IBARZ *et al.* (1999), verificaram em seu estudo sobre as mudanças de cor em purê de pêra submetido a temperaturas relativamente altas, que o tratamento térmico aplicado, com temperaturas variando de 80°C a 98°C, resultaram em um decréscimo no parâmetro L*, indicando que as amostras tenderam ao escurecimento. Já o parâmetro a*, aumentou com o aumento de tempo de tratamento térmico. Em relação ao parâmetro b*, foi observada uma leve diminuição em seus valores.

Observa-se que o escurecimento da polpa de umbu ocorreu de forma significativa apenas em relação ao parâmetro L*, sob a influência das temperaturas, o que pode ter provocado uma degradação de açúcares, já que a polpa não apresentava níveis de aminoácidos ou proteínas significativos para uma reação de *Maillard*. No estudo de CHEFTEL & CHEFTEL (1980), sobre o escurecimento dos alimentos, os autores afirmaram que o pH é um fator importante e que os alimentos cujo pH estão compreendidos entre 2,5 e 3,5 são pobres em compostos aminados, ocorrendo a reação de *Maillard* muito fraca, sendo as reações responsáveis pelo escurecimento, a

degradação do ácido ascórbico e/ou da frutose. Estas reações são catalisadas pelo ácido cítrico e alguns aminoácidos podem estar presentes.

A perda da cor verde das polpas de umbu, provavelmente devido à oxidação da clorofila, foi influenciada pelo tempo de exposição e pela interação temperatura x tempo. Como a quantidade de vitamina C não foi detectada na polpa após branqueamento, não é relevante ao nível de permanência pós processo, descartando-se a hipótese de possível escurecimento causado por esse componente.

LOZANO & IBARZ (1997), analisando a mudança de cor em concentrados de polpa de frutas durante o aquecimento a altas temperaturas (56, 66, 80 e 94°C por 700 min), chegaram à conclusão que mais de um mecanismo contribui para deterioração da cor. Entretanto, polpas de fruta não são muito sensíveis à deterioração em temperaturas e tempos normalmente encontrados durante processamento. Dentre os frutos analisados, polpa de maçã, polpa de pêsego e de ameixa, a polpa de maçã foi a mais sensível à descoloração.

4.6 Avaliação Sensorial

Os atributos definidos para as características de aroma e sabor de polpa de umbu foram:

- **Aroma** – característico, ácido, verde e refrescante
- **Sabor** – característico, ácido, verde e amargo

Os resultados da Tabela 4.10 mostraram que não houve diferença significativa para nenhum dos atributos de aroma e sabor da polpa de umbu, exceção para o gosto amargo onde houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre a polpa de umbu referência e a polpa de umbu processada no binômio a 96°C por 30 segundos. Pôde-se observar que a polpa processada apresentou-se levemente mais amarga que a referência.

Com base nos processamentos realizados nas polpas, pôde-se observar uma leve tendência não significativa na intensificação do aroma verde e uma leve tendência à perda do aroma e do sabor característicos no maior tempo e temperatura utilizados (96°C/30 s). Da mesma forma, observa-se que o gosto amargo sofreu uma leve tendência a aumentar com o aumento das temperaturas utilizadas.

Por outro lado, a polpa processada com 88°C por 10 segundos foi a que se apresentou mais perto da referência, para a maioria dos atributos, embora sem apresentar diferença significativa ($p > 0,05$) entre elas.

No trabalho realizado por SANDI *et al.* (2003), sobre as correlações entre características físico-químicas e sensoriais em suco de maracujá submetido à pasteurização (75°C/60s, 80°C/41s e 85°C/27s), foi possível observar correlações significativas entre os açúcares redutores e o sabor amargo, demonstrando que à medida que ocorre a inversão da sacarose, aumentando o teor de açúcares redutores, a qualidade sensorial do suco diminui. Também observaram que a diminuição do aroma característico, detectada sensorialmente, foi acompanhada pela diminuição das concentrações dos compostos voláteis, o que era esperado, uma vez que, com o tempo, diversas reações complexas ocorrem, dentre elas a oxidação, provocando a sua degradação, e a conseqüente diminuição da sua concentração. Finalmente concluíram que a pasteurização a 85°C/27s proporcionou as menores alterações nas características estudadas, enquanto que aquela à 75°C/60s foi a mais prejudicial.

Tabela 4.10 - Valores médios dos atributos sensoriais da polpa de umbu braqueada diluída

Polpa de umbu ¹	Característico	Aroma			Sabor			
		Ácido	Verde	Refrescante	Característico	Gosto ácido	Verde	Gosto amargo
<i>Branqueada</i>	4,8	5,1	5,0	4,8	4,7	5,1	5,0	5,1 ^a
1	5,0	5,1	5,0	4,9	4,8	5,0	5,0	5,1 ^a
2	4,7	4,9	4,8	4,8	4,6	5,1	4,9	5,3 ^a
3	5,0	5,1	5,0	4,7	4,8	5,1	4,9	5,3 ^a
4	4,7	5,0	5,0	4,8	4,8	5,3	5,0	5,5 ^a
5	4,6	5,1	5,2	4,7	4,5	5,2	5,0	5,5 ^b
F _{amostra}	2,46 ^{ns}	0,86 ^{ns}	1,92 ^{ns}	0,55 ^{ns}	1,30 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,16 ^{ns}	2,38*

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/20s; 4 – 96°C/10s; 5 – 96°C/30s

ns – não significativo

*- significativo ao nível de 5%

Pelo teste de Dunnett, médias com letras diferentes da referência diferem da mesma estatisticamente ($p < 0,05$)

5: nenhuma diferença em relação à referência; 4 ou 6: leve diferença para menos ou mais que a referência, respectivamente; 3 ou 7: moderada diferença; 2 ou 8 muito diferença; 1 ou 9: extrema diferença

4.7 Análise Reológica

As Figuras 4.1 a 4.6 apresentam os reogramas da polpa de umbu branqueada e tratada termicamente.

Estes reogramas foram obtidos com velocidades de cisalhamento decrescente e evidenciam o comportamento não-newtoniano das polpas.

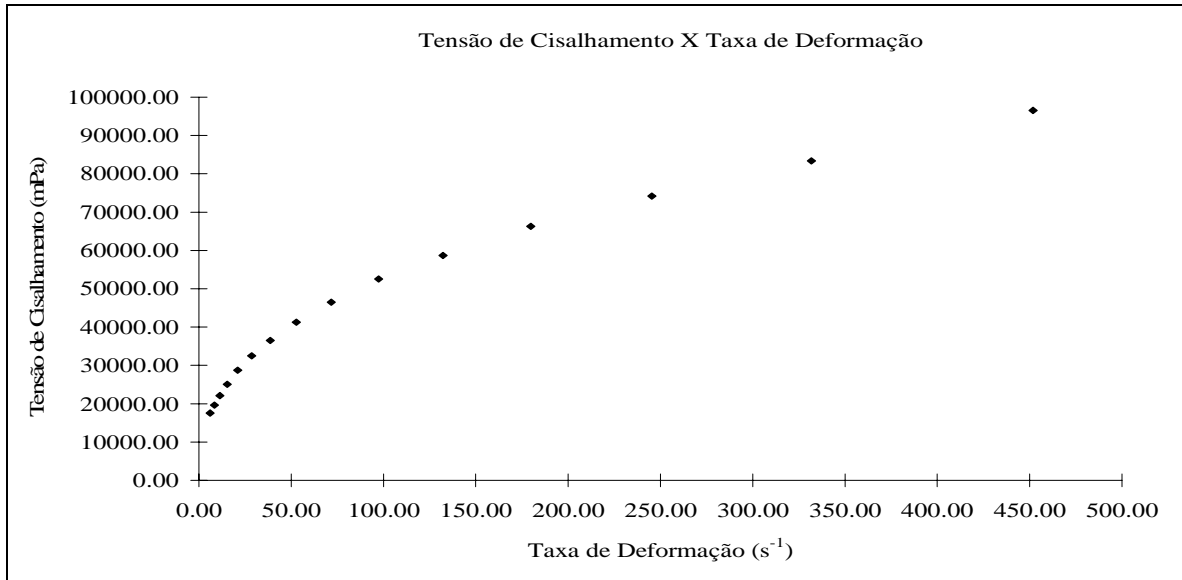


Figura 4.1 – Reograma da polpa de umbu branqueada

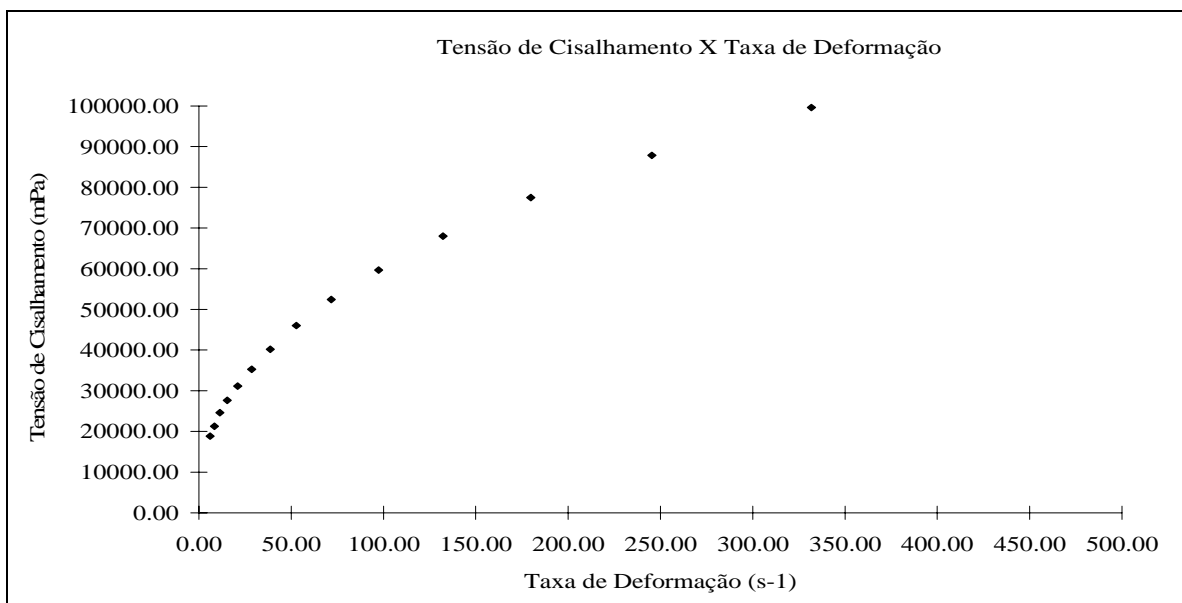


Figura 4.2 – Reograma da polpa de umbu processada a 88°C/10 s.

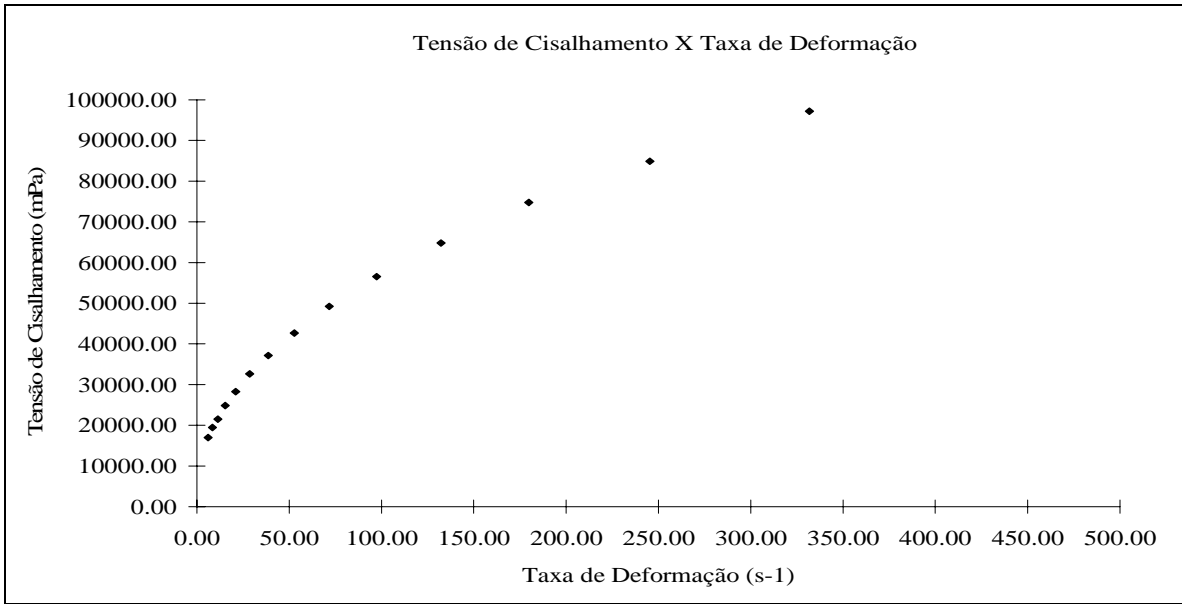


Figura 4.3 – Reograma da polpa de umbu processada a 88°C/30 s.

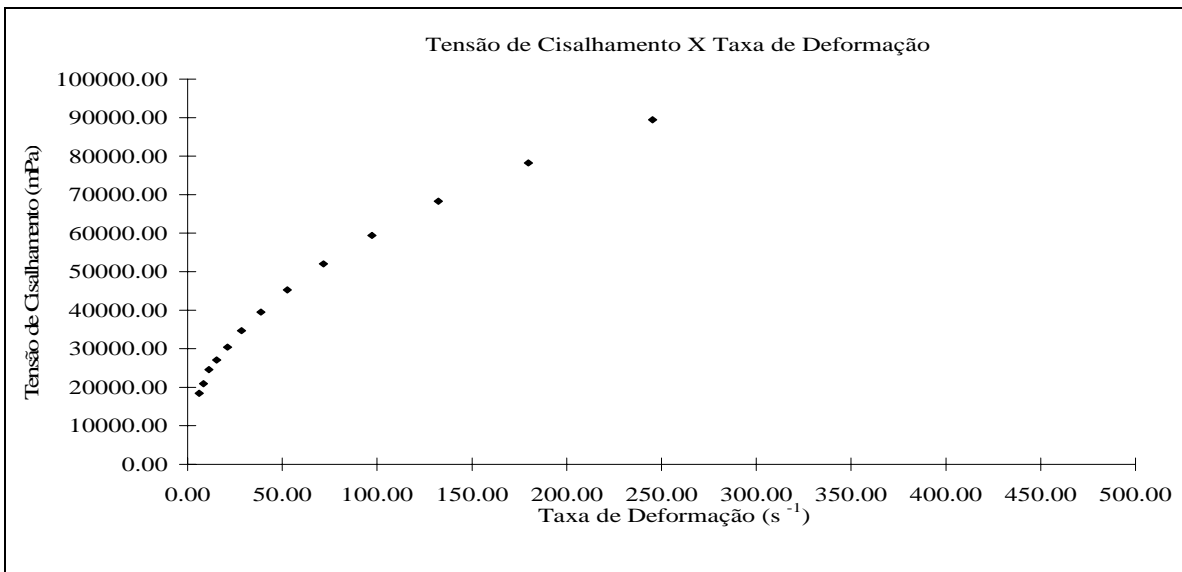


Figura 4.4 – Reograma da polpa de umbu processada a 92°C/20 s.

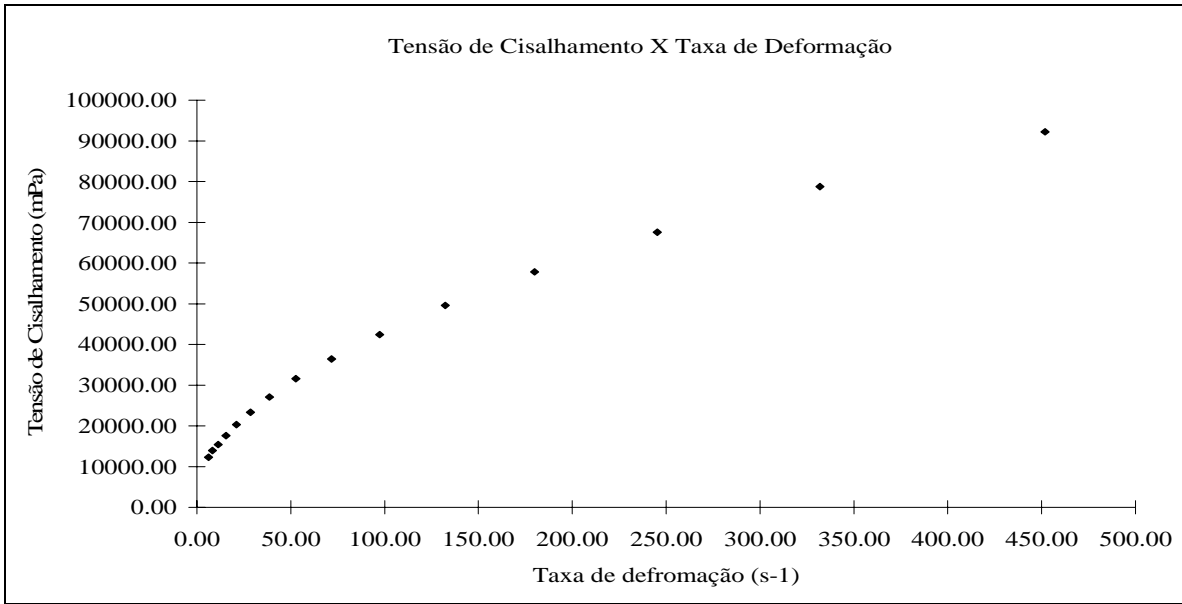


Figura 4.5 – Reograma da polpa de umbu processada a 96°C/10 s

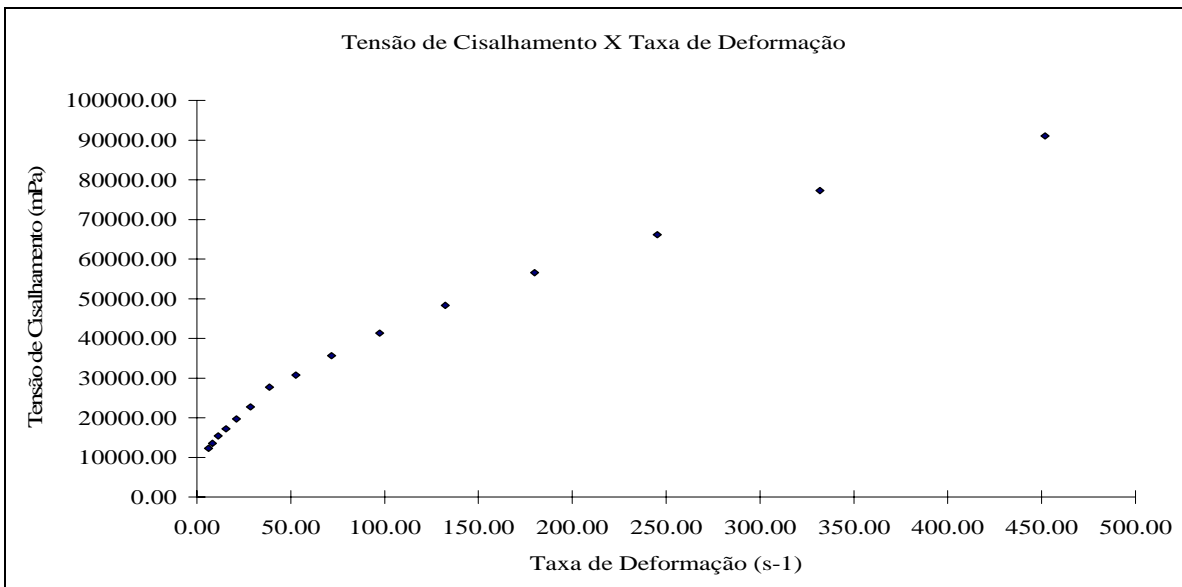


Figura 4.6 – Reograma da polpa de umbu processada a 96°C/30 s

As curvas descendentes foram bem ajustadas pelo modelo Lei da Potência, o que pode ser observado na Tabela 4.11, onde os coeficientes de correlação para os parâmetros reológicos variaram entre 0,998 e 1,000.

Tabela 4.11 – Parâmetros reológicos para polpa de umbu branqueada e processada em diferentes temperaturas do modelo da Lei da Potência

Tratamentos ¹	K mPa.s ⁿ	n	Coefficiente de correlação
Polpa Branqueada	8596,1	0,394	1,000
1	8741,0	0,420	1,000
2	7447,0	0,443	1,000
3	8323,9	0,431	0,999
4	4889,7	0,475	0,998
5	4845,5	0,473	0,998

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/2-s; 4 – 96°C/10s; 5 – 96°C/30s

Os valores de *n* observados (entre 0,39 e 0,47) indicam a natureza pseudoplástica da polpa de umbu em todos os tratamentos estudados. Pode-se verificar que os coeficientes de correlação dos parâmetros foram bem ajustados para o modelo aplicado (Lei da Potência). Com o aumento das condições de processo (maiores temperaturas x tempo), observou-se um aumento no índice de comportamento e uma diminuição no parâmetro índice de consistência, indicando que as polpas ficaram menos viscosas na medida em que a temperatura aumentava. SUGAI (2000), em seu estudo com purê de manga, encontrou valores de *n* entre 0,24 e 0,25 sob 4 condições diferentes de tempo e temperatura (65°C/25,5min; 75°C/16min; 80°C/4min; 95°C/2,5min), verificando a natureza não newtoniana do purê. A autora observou que os valores de *n* e *K*, para o modelo da Lei de Potência, foram muito próximos para todos os tratamentos térmicos aplicados, com os produtos finais apresentando praticamente o mesmo comportamento reológico.

No estudo de VIDAL *et al.* (2004), foi determinado o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga na faixa de temperatura de 10°C a 60°C. Verificou-se que o valor do índice de comportamento foi menor que um, mostrando que as polpas de manga integral e centrifugada apresentavam comportamento pseudoplástico. No trabalho de SILVA *et al.* (2005), para determinação do comportamento reológico do suco industrializado de acerola no intervalo de temperatura de 5°C a 85°C, foram encontrados baixos valores para o índice de comportamento do suco (entre 0,338 e 0,759), confirmando seu comportamento pseudoplástico, sendo melhor descrito pelo modelo de Herschel-Bulkley.

A Figura 4.7 apresenta a variação de viscosidade aparente com a taxa de deformação. Observa-se que a viscosidade aparente diminui com o aumento da temperatura, como pode ser verificado na Tabela 4.12. Estudos de VIDAL *et al.* (2004) também encontraram a mesma relação para viscosidade em relação à temperatura.

Tabela 4.12 - Valores para viscosidade aparente da polpa de umbu branqueada e processada

Amostras ¹	Viscosidade Aparente (mPa.s)
Polpa branqueada	306,09
1	358,78
2	346,59
3	363,76
4	272,23
5	266,78

¹ 1 – 88°C/10s; 2 – 88°C/30s; 3 – 92°C/2-s; 4 – 96°C/10s; 5 – 96°C/30s

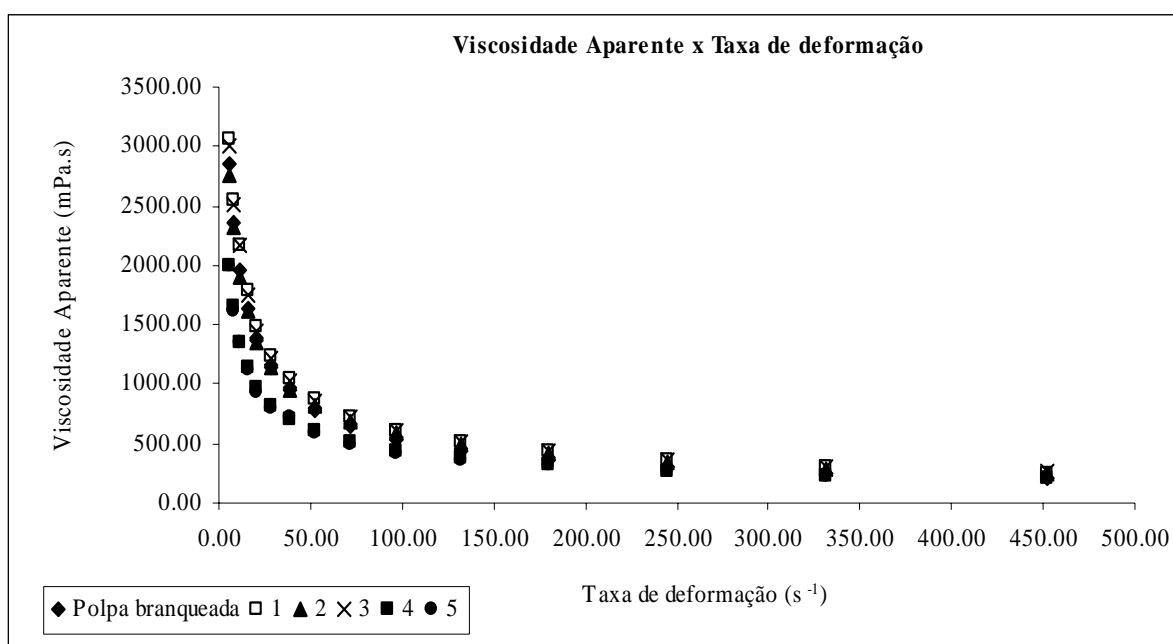


Figura 4.7 – Viscosidade aparente da polpa de umbu em diferentes condições de tempo e temperatura em função da taxa de deformação

5. CONCLUSÕES

- ✓ O branqueamento aplicado nos frutos (100°C/3min) foi suficiente para inativar as enzimas peroxidase (atividade residual de 7,2%) e polifenoloxidase (atividade residual 3,3%).
- ✓ Os tratamentos térmicos aplicados resultaram em produtos finais sem alterações significativas do ponto de vista físico-químico e microbiológico.
- ✓ Em relação à cor instrumental, a temperatura afetou de forma significativa o parâmetro L*, assim como o tempo e a interação tempo x temperatura afetaram o parâmetro a*, indicando uma tendência ao escurecimento com o aumento da temperatura.
- ✓ A análise reológica da polpa de umbu branqueada e tratada termicamente indicou seu caráter não newtoniano, de natureza pseudoplástica. A viscosidade aparente não apresentou grandes alterações em relação aos processos, porém tendeu a diminuir com o aumento da temperatura.
- ✓ A escolha de processo, levando-se em conta a avaliação sensorial, seria aquela polpa processada a 88°C por 10 segundos, a que mais se aproximou da referência para a maioria dos atributos analisados, embora sem apresentar diferenças significativas entre os demais processos, com exceção do tratamento a 96°C / 30s.

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros

- Avaliar outros binômios (temperatura x tempo) para pasteurização em conjunto com o armazenamento sob diferentes condições pré-estabelecidas.
- Fazer uma completa caracterização do fruto, a fim de determinar todos os componentes existentes (teores vitamínicos, enzimas e pigmentos) e as possíveis perdas que ocorrem após processamento.
- Realizar estudo cinético de alguns parâmetros de qualidade (cor, textura), de forma a aprimorar o tratamento térmico aplicado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: Ilsi, 2001. 64p.
- AACC (AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS). **Approved methods**. 9th ed. 1995. v. 2.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). **Official methods of analysis**. 17th ed. Washington, 2000.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. I. Univ. Viçosa, UFV.1:31., 1995.
- AVILA, I.M.L.B. & SILVA, C.L.M. Modelling Kinetics of thermal degradation of colour in peach puree. **Journal of Food Engineering**, v. 39, p. 161-166. 1999.
- BISPO, E. S. **Estudos dos produtos industrializáveis do umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Camâra)**. 1989. 119p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1989.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em 25/11/2004.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 1, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico geral para fixação dos padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em 02/01/2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 62, de 26 de agosto de 2003. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Defesa Animal. Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial [da] República do Brasil**, Brasília, DF. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em 10/02/2006.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução a Química de Alimentos**. Campinas, 1985. Fundação Cargill. 306p.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2001. 143 p.
- BORGES, S.V.; JORGE, E. C.; CASTRO F. T.; AMORIM, E.; CAVALCANTE, N. B. Caracterización física, físico química y microbiológica de pulpas de “umbu” (*Spondias tuberosa* Arr. Camâra) obtenidas por metodos combinados. **Alimentaria**, Madrid, v. 355, p. 51-55. 2004.

CANO, M. P.; HERNADEZ, A. & ANCOS, B. High pressure and temperature effects on enzyme inactivation in strawberry and orange products. **Journal of Food Science**, v. 62, n.1, p. 85-88. 1997.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Processamento do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Camâra). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.1, p. 252 – 259. 2000.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Fruto do imbuzeiro: alternativa de renda para pequenos agricultores na região semi-árida do Nordeste. **Economia Rural**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 11 – 14. 2001.

CHEFTEL, J. C.; CHEFTEL, H. **Introducion a la bioquímica e tecnologia de los alimentos**. Zaragoza (España): Acribia S.A., 1980. 403 p.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós Colheita de frutos e hortaliças**. Lavras: Escola Superior de Agronomia de Lavras – ESAL/FAEPE, 1990. 320p.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G.M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, p. 167-171. 1998.

CODEVASF. Censo Frutícola. 2001. Programa Fruticultura, relatório das fases produtivas. Disponível em: www.codevasf.gov.br. Acesso em 15/08/2005.

COSTA, B. S. **Influência da temperatura nas alterações de cor no suco de laranja (*Citrus Sinensis* cv.), determinada através do modelamento cinético**. 2002. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

DELLA MODESTA, R.C. **Manual de Análise Sensorial de Alimentos e Bebidas-tomo 1- Geral**. Rio de Janeiro: CTAA-EMBRAPA, 1994. 114 p.

DOMINGUES, A. M. **Avaliação do processo de pasteurização térmica de néctar de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merr.) na inativação de enzimas oxidativas deteriorantes**. 2003. 79p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2003.

FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. Zaragoza (España): Acribia S.A., 1993.

FERREIRA, J. C. **Efeito do congelamento ultra-rápido sobre as características físico-químicas e sensoriais de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) durante a armazenagem frigorificada**. 2000. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 2000.

FOLEGATTI, M. I. S.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; MACHADO, S. S.; ROCHA, A. S.; LIMA, R. R. Aproveitamento Industrial do Umbu: Processamento de Geléia e Compota. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p.1308-1314, nov./dez. 2003.

FRANCO, B. D. G. de M. & LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1996. 181 p.

GAVA, A. J. **Princípios de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Nobel, 1984. 284 p.

HOLDSWORTH, S. D. Rheological Models used for the Prediction of the Flow Properties of food products: a Literature Review. **Trans I ChemE**, v. 71, Part C, p.139-179, Sept. 1993.

IBARZ, A.; GONÇALVES, C. A.; EXPLUGAS, S. Rheology of clarified passion fruit juices. **Fruit Processing**, v. 6, p. 330-333. 1996.

IBARZ, A.; PAGÁN J.; GARZA, S. Kinetic models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 39, p. 415 – 422. 1999.

IBGE. **Anuário estatístico do Brasil 1996**. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. v.56, seção 1, p.134 e seção 3, p.58.

IBGE. Banco de Dados Agregados. Disponível em: www.ibge.com.br. Acesso em 15/10/2005.

IBGE. Produção da extração vegetal e da sivilicultura – Brasil 2002 – 2003. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em 04/08/ 2005.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Curso sobre processamento de frutas tropicais**. Campinas: ITAL, p.89, 1975.

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

LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 31, p. 365 – 373. 1997.

LUND, D. B. Considerations in modeling food process. **Food Technology**, v. 37, n. 1, p. 92-94. 1983.

MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.): importante fruteira do semi-árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 63 p. (ESAM. Coleção Mossoreense, série C, v. 564).

MORORÓ, R. C. **Como montar uma pequena fábrica de polpa de fruta**. Viçosa, MG. 1998. 67p.

NARAIN, N. et al. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, v. 44, p. 255-259. 1992.

PELEGRINE, D. H.; VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A. Estudo da viscosidade aparente das polpas de manga (Keitt) e abacaxi (Pérola). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20 (1), p.128-131, abr. 2000.

POLICARPO, V. M. N. **Estudo sobre a Conservação de doce em massa de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) no estágio de maturação verde**. 2002. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2002.

POLICARPO, V. M.; RESENDE, J.; ENDO E.; MARCUSSI, B.; CASTRO, F. T.; JORGE, E. C.; BORGES, S. V.; CAVALCANTE, N. B. Aprovechamiento de la pulpa de “umbu” (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) verde como alternativa para la producción de dulces em masa. **Alimentaria**, Madrid, v. 344, p. 75-77. 2003.

POLICARPO, V. M.; ENDO E.; FARIA, R. Q.; ANJOS, V.; BORGES, S.V.; GREGÓRIO, S. R.; CAVALCANTE, N. B. Efecto de aditivos el color, textura y aceptación del dulce de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) verde. **Alimentaria**, Madrid, v. 346, p. 111-116. 2003.

RATTANATHANALERK, M.; CHIEWCHAN, N.; SRICHUMPOUNG, W. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food Engineering**, v.66, p. 259–265. 2005.

SANDI, D.; CHAVES, J. B. P.; SOUZA, A. C. G.; SILVA, M. T. C.; PARREIRAS, J. F. M. Correlações entre características físico-químicas e sensoriais em suco de maracujá-amarelo (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) durante armazenamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23 (3), p. 355-361, set./dez. 2003.

SANDI, D.; CHAVES, J. B. P.; SOUZA, A. C. G.; SILVA, M. T. C.; PARREIRAS, J. F. M. Hunter Color Dimensions, Sugar Content and Volatile Compounds in Pasteurized Yellow Passion Fruit Juice (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) during Storage. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 2, p. 233-245. 2004.

SEAGRI (SECRETARIA DA AGRICULTURA, IRRIGAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA). Beneficiamento de umbu fixa sertanejo no campo. Disponível em: www.seagri.ba.gov.br/noticias. Acesso em 08/01/2006.

SILVA, C. M. M. de S.; PIRES, I. E.; SILVA, H. D. da. **Caracterização dos frutos do umbuzeiro**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 1987. 17 p. (EMBRAPA. Boletim de pesquisa, 34).

SILVA, J. A. **Tópicos da tecnologia dos alimentos**. São Paulo: Varela, 2001. 229 p.

SILVA, F. C. da; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: Efeitos da concentração e temperatura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.25 (1), p. 121-126, jan./mar. 2005.

SUGAI, A. Y. **Processamento descontínuo de purê de manga (*Mangifera indica Linn.*), variedade Haden: estudo da viabilidade do produto para pronto consumo.** 2002 82p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

TORREZAN, R. **Preservação de polpa de goiaba por métodos combinados.** 1996. 210p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1996.

TRINDADE, R.C.; RESENDE, M.A.; SILVA, C.M.; ROSA, C.A. Yeasts Associated with Fresh and Frozen Pulps of Brazilian Tropical Fruits. **Systematic and Applied Microbiology**, v.25 (2), p. 294-300. 2002.

UMME, A.; ASBI, B.A.; SALMAH, A.H.; JUNAINAH, A.H. & JAMILAH, B. Characteristics of soursop natural puree and determination of optimum conditions for pasteurization. **Food Chemistry**, v. 58, p. 119-124. 1997.

VALDERRAMA, P.; MARANGONI, F.; CLEMENTE, E. Efeito do Tratamento Térmico sobre a Atividade de Peroxidase (POD) e Polifenoloxidase (PPO) em Maçã (*Mallus comunis*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 3, p. 321-325, set./dez. 2001.

VIDAL, J.R.M.B.; PELEGRINE, D.H.; GASPARETTO, C. A. Efeito da Temperatura no comportamento reológico da polpa de manga (*mangífera indica* L-Keitt). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24 (1), p. 39-42, jan./mar. 2004.

XAVIER, A. D. **Caracterização química e vida de prateleira do doce em massa de umbu (*Spondias Tuberosa* Arr. Cam.).** 1999. 82p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1999.

7. ANEXOS

Anexo I: Resultados Estatísticos (ANOVA) para composição química e físico-química

Análise de variância (ANOVA) para Umidade da polpa de umbu

R = 0,68366; Adj: 0,36732

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: UM				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,133225	1	0,133225	3,738775	0,192848
(2) X2	0,009025	1	0,009025	0,253274	0,664735
Interação (1-2)	0,105625	1	0,105625	2,964219	0,227267
Falta de ajuste	0,043430	1	0,043430	1,218796	0,384655
Erro puro	0,071267	2	0,035633		
Total SS	0,362571	6			

Análise de variância (ANOVA) para teor Protéico da polpa de umbu

R = 0,6869 ; Adj: 0,3738

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: PTN				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,024025	1	0,024025	5,675197	0,140104
(2) X2	0,001225	1	0,001225	0,289370	0,644476
Interação (1-2)	0,001225	1	0,001225	0,289370	0,644476
Falta de ajuste	0,003601	1	0,003601	0,850675	0,453729
Erro puro	0,008467	2	0,004233		
Total SS	0,038543	6			

Análise de variância (ANOVA) para teor de Lipídeos da polpa de umbu

R = 0,43837 ; Adj: 0

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: LIP				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,008100	1	0,008100	4,959184	0,155838
(2) X2	0,003600	1	0,003600	2,204082	0,275934
Interação (1-2)	0,000900	1	0,000900	0,551020	0,535242
Falta de ajuste	0,012876	1	0,012876	7,883382	0,406893
Erro puro	0,003267	2	0,001633		
Total SS	0,028743	6			

Análise de variância (ANOVA) para teor de Cinzas da polpa de umbu

R = 0,78125 ; Adj: 0,5625

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: CINZ				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,001225	1	0,001225	5,250000	0,149037
(2) X2	0,000025	1	0,000025	0,107143	0,774506
Interação (1-2)	0,000625	1	0,000625	2,678571	0,243350
Falta de ajuste	0,000058	1	0,000058	0,250000	0,666667
Erro puro	0,000467	2	0,000233		
Total SS	0,002400	6			

Análise de variância (ANOVA) para pH da polpa de umbu

R = 0,29167 ; Adj: 0

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: pH				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
(2) X2	0,000100	1	0,000100	1,000000	0,422650
Interação (1-2)	0,000000	1	0,000000	0,000000	1,000000
Falta de ajuste	0,000043	1	0,000043	0,428571	0,579916
Erro puro	0,000200	2	0,000100		
Total SS	0,000343	6			

Análise de variância (ANOVA) para Sólidos Solúveis Totais da polpa de umbu

R = 0,525 ; Adj: 0,05

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: SST				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,002500	1	0,002500	0,750000	0,477767
(2) X2	0,002500	1	0,002500	0,750000	0,477767
Interação (1-2)	0,002500	1	0,002500	0,750000	0,477767
Falta de ajuste	0,000119	1	0,000119	0,035714	0,867547
Erro puro	0,006667	2	0,003333		
Total SS	0,014286	6			

Análise de variância (ANOVA) para Acidez da polpa de umbu

R = 0,2003; Adj: 0

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: ATT				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,000225	1	0,000225	1,68750	0,323519
(2) X2	0,000225	1	0,000225	1,68750	0,323519
Interação (1-2)	0,000025	1	0,000025	0,18750	0,707230
Falta de ajuste	0,001630	1	0,001630	12,22321	0,072970
Erro puro	0,000267	2	0,000133		
Total SS	0,002371	6			

Análise de variância (ANOVA) para teor de Cálcio da polpa de umbu

R = 0,0944 ; Adj: 0

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: Calcio				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,004225	1	0,004225	0,006037	0,945142
(2) X2	0,145161	1	0,145161	0,207412	0,693468
Interação (1-2)	0,004225	1	0,004225	0,006037	0,945142
Falta de ajuste	0,073811	1	0,073811	0,105464	0,776191
Erro puro	1,399734	2	0,699867		
Total SS	1,627156	6			

Análise de variância (ANOVA) para teor de Ferro da polpa de umbu

R = 0,77776 ; Adj: 0,55552

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: Ferro				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,003660	1	0,003660	3,811437	0,190154
(2) X2	0,000756	1	0,000756	0,787487	0,468485
Interação (1-2)	0,002450	1	0,002450	2,551458	0,251281
Falta de ajuste	0,000041	1	0,000041	0,043152	0,854671
Erro puro	0,001921	2	0,000960		
Total SS	0,008829	6			

Análise de variância (ANOVA) para teor de Fósforo da polpa de umbu

R = 0,63248 ; Adj: 0,26496

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: Fosforo				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,090000	1	0,090000	23,17000	0,040552
(2) X2	0,022500	1	0,022500	5,79250	0,137827
Interação (1-2)	0,007744	1	0,007744	1,99365	0,293456
Falta de ajuste	0,062103	1	0,062103	15,98808	0,057230
Erro puro	0,007769	2	0,003884		
Total SS	0,190116	6			

Análise de variância (ANOVA) para teor de Carotenóides da polpa de umbu

R = 0,56491 ; Adj: 0,12982

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: CAR				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,000225	1	0,000225	0,217742	0,686660
(2) X2	0,001225	1	0,001225	1,185484	0,389957
Interação (1-2)	0,009025	1	0,009025	8,733871	0,097961
Falta de ajuste	0,006001	1	0,006001	5,807604	0,137539
Erro puro	0,002067	2	0,001033		
Total SS	0,018543	6			

Anexo II: Resultados Estatísticos (Estimativa dos efeitos dos fatores) para composição química e físico-química

Estimativas dos efeitos dos fatores para o pH da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0001 DV: pH			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	2,937143	0,003780	777,0950	0,000002
(1) X1	0,000000	0,010000	0,0000	1,000000
(2) X2	-0,010000	0,010000	-1,0000	0,422650
Interação (1-2)	0,000000	0,010000	0,0000	1,000000

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Sólidos Solúveis Totais da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0033333 DV: SST			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	8,988571	0,021822	411,9081	0,000006
(1) X1	0,050000	0,057735	0,8660	0,477767
(2) X2	0,050000	0,057735	0,8660	0,477767
Interação (1-2)	0,050000	0,057735	0,8660	0,477767

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores para a Acidez Total Titulável da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0001333 DV: ATT			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	1,364286	0,004364	312,5271	0,000010
(1) X1	0,015000	0,011547	1,2990	0,323519
(2) X2	-0,015000	0,011547	-1,2990	0,323519
Interação (1-2)	0,005000	0,011547	0,4330	0,707230

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Umidade da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0356333 DV: UM			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	89,52571	0,071348	1254,783	0,000001
(1) X1	0,36500	0,188768	1,934	0,192848
(2) X2	-0,09500	0,188768	-0,503	0,664735
Interação (1-2)	-0,32500	0,188768	-1,722	0,227267

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Proteínas da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0042333 DV: PTN			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	0,847143	0,024592	34,44803	0,000842
(1) X1	-0,155000	0,065064	-2,38227	0,140104
(2) X2	-0,035000	0,065064	-0,53793	0,644476
Interação (1-2)	0,035000	0,065064	0,53793	0,644476

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Lipídeos da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0016333 DV: LIP			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	0,252857	0,015275	16,55339	0,003630
(1) X1	0,090000	0,040415	2,22692	0,155838
(2) X2	0,060000	0,040415	1,48461	0,275934
Interação (1-2)	0,030000	0,040415	0,74231	0,535242

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Cinzas da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0002333 DV: CINZ			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	0,350000	0,005774	60,62178	0,000272
(1) X1	0,035000	0,015275	2,29129	0,149037
(2) X2	-0,005000	0,015275	-0,32733	0,774506
Interação (1-2)	-0,025000	0,015275	-1,63663	0,243350

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Cálcio da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,699867 DV: Calcio			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	17,87957	0,316198	56,54554	0,000313
(1) X1	-0,06500	0,836581	-0,07770	0,945142
(2) X2	-0,38100	0,836581	-0,45543	0,693468
Interação (1-2)	0,06500	0,836581	0,07770	0,945142

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Ferro da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0009603			
	DV: Ferro			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	0,248143	0,011713	21,18555	0,002221
(1) X1	0,060500	0,030989	1,95229	0,190154
(2) X2	-0,027500	0,030989	-0,88740	0,468485
Interação (1-2)	-0,049500	0,030989	-1,59733	0,251281

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Fósforo da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0038843			
	DV: Fosforo			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	14,30843	0,023556	607,4111	0,000003
(1) X1	-0,30000	0,062324	-4,8135	0,040552
(2) X2	-0,15000	0,062324	-2,4068	0,137827
Interação (1-2)	0,08800	0,062324	1,4120	0,293456

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Estimativas dos efeitos dos fatores sobre o teor de Carotenóides da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0010333			
	DV: CAR			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	0,677143	0,012150	55,73257	0,000322
(1) X1	-0,015000	0,032146	-0,46663	0,686660
(2) X2	0,035000	0,032146	1,08880	0,389957
Interação (1-2)	0,095000	0,032146	2,95531	0,097961

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Anexo III: Resultados Estatísticos (ANOVA) para determinação da cor

Análise de variância (ANOVA) para parâmetro L*

R = 0,75286 ; Adj: 0,50572

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: L*				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,600625	1	0,600625	29,10945	0,032679
(2) X2	0,013225	1	0,013225	0,64095	0,507356
Interação (1-2)	0,011025	1	0,011025	0,53433	0,540830
Falta de ajuste	0,163858	1	0,163858	7,94144	0,106232
Erro puro	0,041267	2	0,020633		
Total SS	0,830000	6			

Análise de variância (ANOVA) para parâmetro a*

R = 0,71397; Adj: 0,42794

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: a*				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,000900	1	0,000900	0,5510	0,535242
(2) X2	0,250000	1	0,250000	153,0612	0,006470
Interação (1-2)	0,108900	1	0,108900	66,6735	0,014669
Falta de ajuste	0,140876	1	0,140876	86,2507	0,011396
Erro puro	0,003267	2	0,001633		
Total SS	0,503943	6			

Análise de variância (ANOVA) para parâmetro b*

R = 0,6925; Adj: 0,38501

X1 = variável Temperatura; X2 = variável Tempo

FATOR	Planejamento 2** (2-0)				
	DV: b*				
	SS	GL	MS	F	p
(1) X1	0,022500	1	0,022500	1,268797	0,376980
(2) X2	0,052900	1	0,052900	2,983083	0,226280
Interação (1-2)	0,048400	1	0,048400	2,729323	0,240325
Falta de ajuste	0,019505	1	0,019505	1,099893	0,404335
Erro puro	0,035467	2	0,017733		
Total SS	0,178771	6			

Anexo IV: Resultados Estatísticos (Efeito das Estimativas) para determinação da cor

Efeito das estimativas sobre o parâmetro L* da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0206333			
	DV: L*			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	39,95000	0,054292	735,8361	0,000002
(1) X1	-0,77500	0,143643	-5,3953	0,032679
(2) X2	-0,11500	0,143643	-0,8006	0,507356
Interação (1-2)	-0,10500	0,143643	-0,7310	0,540830

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Efeito das estimativas sobre o parâmetro a* da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0016333			
	DV: a*			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	2,127143	0,015275	139,2542	0,000052
(1) X1	-0,030000	0,040415	-0,7423	0,535242
(2) X2	0,500000	0,040415	12,3718	0,006470
Interação (1-2)	0,330000	0,040415	8,1654	0,014669

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Efeito das estimativas sobre o parâmetro b* da polpa de umbu processada

FATOR	Planejamento 2** (2-0); MS Erro Puro = 0,0177333			
	DV: b*			
	Efeito	Erro Padrão	t(2)	p
Média	22,14571	0,050332	439,9907	0,000005
(1) X1	-0,15000	0,133167	-1,1264	0,376980
(2) X2	-0,23000	0,133167	-1,7272	0,226280
Interação (1-2)	-0,22000	0,133167	-1,6521	0,240325

X1 = Temperatura (°C); X2 = Tempo (s)

Anexo V: Modelo de ficha utilizada no teste de comparação múltipla para Análise Sensorial

TESTE DE COMPARAÇÃO MÚLTIPLA

Nome: _____ Data: _____

Você está recebendo amostras de **POLPA DE UMBU** para comparar cada uma com a **referência** marcada com **R**. Determine se é **mais**, **comparável**, ou **menos** do que a **referência**. Então marque a quantidade de diferença que existe.

AROMA

Característico

Nº da amostra

Mais característico que R

Igual a R

Menos característico que R

Extrema

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma

Leve

Moderada

Muito

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Ácido

Mais ácido que R

Igual a R

Menos ácido que R

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma

Leve

Moderada

Muito

Extrema

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Verde

Mais verde que R

Igual a R

Menos verde que R

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma

Leve

Moderada

Muito

Extrema

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Refrescante

Mais refrescante que R

Igual a R

Menos refrescante que R

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma

Leve

Moderada

Muito

Extrema

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

SABOR

Característico

Nº da amostra

Mais característico que R

Igual a R

Menos característico que R

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma
Leve
Moderada
Muito
Extrema

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Gosto ácido

Mais ácido que R

Igual a R

Menos ácido que R

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma
Leve
Moderada
Muito
Extrema

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Verde

Mais verde que R

Igual a R

Menos verde que R

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma
Leve
Moderada
Muito
Extrema

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Gosto amargo

Mais amargo que R

Igual a R

Menos amargo que R

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____

Nenhuma
Leve
Moderada
Muito
Extrema

Quantidade da diferença

_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____	_____