

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

MESTRADO

**EFEITO DO CONGELAMENTO ULTRA-RÁPIDO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE POLPA DE
UMBU (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) DURANTE A
ARMAZENAGEM FRIGORIFICADA**

DISSERTAÇÃO

JOSÉ CARLOS FERREIRA

**Campina Grande – Paraíba
FEVEREIRO - 2000**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

**EFEITO DO CONGELAMENTO ULTRA-RÁPIDO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE POLPA DE
UMBU (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) DURANTE A ARMAZENAGEM
FRIGORIFICADA**

JOSÉ CARLOS FERREIRA

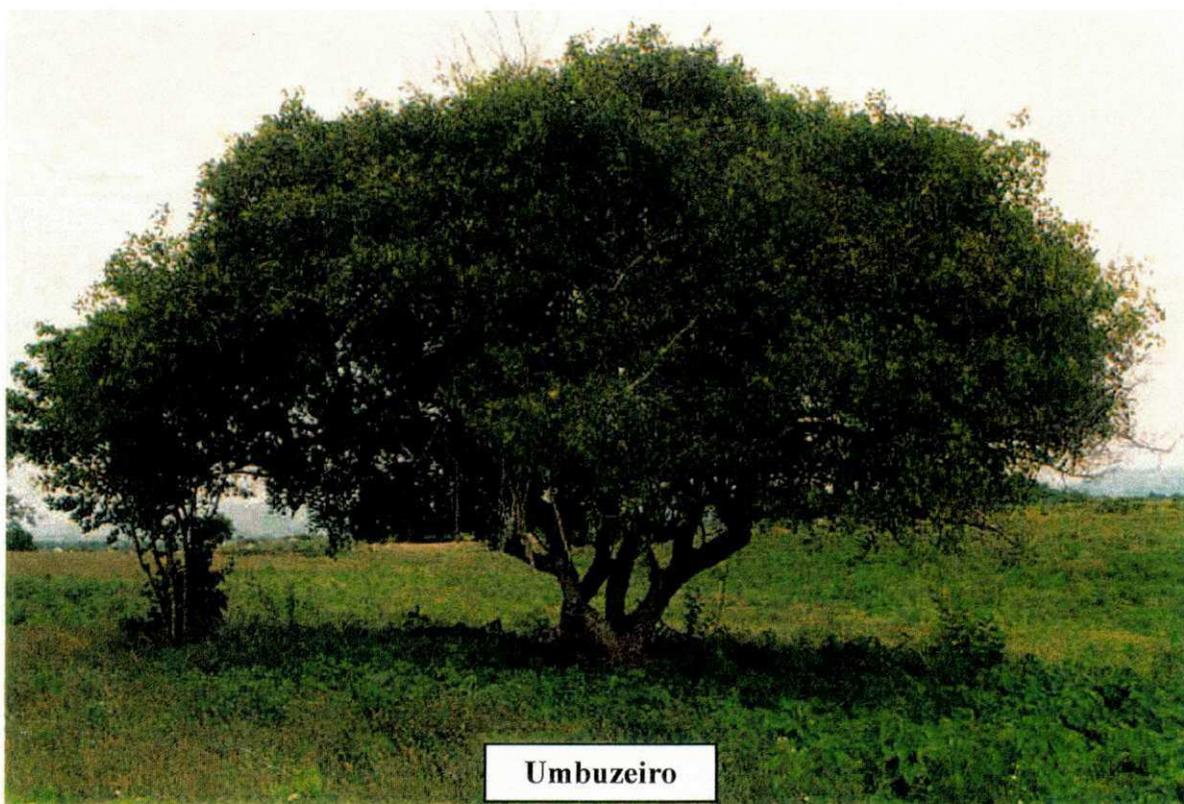
Campina Grande – PB
Fevereiro – 2000



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Departamento de Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

**EFEITO DO CONGELAMENTO ULTRA-RÁPIDO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE POLPA DE UMBU
(*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) DURANTE A ARMAZENAGEM
FRIGORIFICADA**

JOSÉ CARLOS FERREIRA



**Campina Grande – PB
Fevereiro – 2000**

**EFEITO DO CONGELAMENTO ULTRA-RÁPIDO SOBRE AS
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS DE POLPA DE
UMBU (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) DURANTE A
ARMAZENAGEM FRIGORIFICADA**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Engenharia Agrícola da Universidade Federal
da Paraíba, em cumprimento às exigências para
obtenção do Grau de Mestre

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

ORIENTADO: José Carlos Ferreira

ORIENTADOR: Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Campina Grande – PB
Fevereiro – 2000



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

COPEAG - PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

JOSÉ CARLOS FERREIRA

Título: “ Efeito do congelamento ultra-rápido sobre as características físico-Químicas e sensoriais de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) durante a armazenagem frigorificada”.

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Mário Eduardo R.M.C. Mata
Prof. Dr. Mário Eduardo R.M.C.Mata-Orientador

APROVADO COM DISTINÇÃO

Maria Elita D. Braga
Profa. Dra. Maria Elita D. Braga-Co-Orientadora

Aprovado com distinção

Rossana Maria F. de Figueiredo
Prof. Dr. Rossana Maria F.de Figueiredo-Examinadora

Aprovado com distinção

Carlos Alberto Gasparetto
Eng. Dr. Carlos Alberto Gasparetto-Examinador

Aprovado com distinção

Campina Grande, 24 de fevereiro de 2000

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Carlos Ferreira Neto e Maria Ferreira de Araújo, cidadãos simples que pouco puderam dar para mim e para meus irmãos, além de um exemplo de vida, regido por uma conduta impecável e isso é a nossa maior riqueza.

A Paula, esposa dedicada e excelente mãe.

Aos meus filhos, Luana de Paula e Lueder Campos, como incentivo para que vocês, sigam em frente nos seus estudos e aprendam o suficiente, para um dia serem bastante úteis à sua Pátria, à sua comunidade e aos seus...

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida

Ao Diretor da Escola Agrotécnica Federal de Belo Jardim - PE, professor Daguiomar Soares Bezerra, pela seleção do meu nome, apoio e incentivos para realização deste curso.

Ao Professor, Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata, pela orientação, atenção, amizade e apoio durante a realização deste trabalho.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela bolsa concedida durante o curso de mestrado.

As amigas, Elaine Donata e Márcia Suely pelo companheirismo, amizade, contribuições e trocas de informações.

A todos os colegas e professores do mestrado, que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

Aos professores e funcionários da Escola Agrotécnica Federal de Belo Jardim - PE, em especial aos professores Gaudêncio de Lima Sobrinho, Pedro Bezerra Filho e João Tavares Nunes, pelo apoio e incentivos no ingresso deste trabalho.

Aos professores da banca examinadora, Dr. Carlos Alberto Gasparetto, Dra. Maria Elita Duarte Braga e Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo.

Ao amigo Carlos Alberto B. Campos, pela convivência, amizade e pelo incentivo na realização deste trabalho.

Ao amigo Eliel Nunes Rodrigues, pelo incentivo no ingresso deste trabalho.

A professora Dulce Ramos de Queiroz.

A secretária de Engenharia Agrícola, Rivanilda Diniz pela convivência e amizade.

ÍNDICE

	PÁG.
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
RESUMO	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos.....	4
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Histórico.....	5
2.2. Botânica	6
2.3. Condições Edafo-climáticas	9
2.4. Sinonímia	10
2.5. Aspectos culturais gerais	10
2.6. Utilização do umbuzeiro	11
2.6.1. Emprego alimentício	11
2.6.2. Emprego medicinal	11
2.7. Características físicas e organolépticas dos frutos do umbuzeiro	11
2.8. Características físico-químicas	14
2.8.1. Ácido ascórbico (vitamina C)	14
2.8.2. Acidez titulável	16
2.8.3. Açúcares redutores, não redutores e totais	17
2.8.4. Sólidos solúveis (°Brix)	17
2.8.5. pH	18
2.9. Características sensoriais	19
2.9.1. Aparência e cor	20
2.9.2. Aroma	21
2.9.3. Sabor	22
2.10. Aspectos tecnológicos do umbu	23
2.11. Polpa de fruta	25
2.12. Processamento	28
2.12.1. Matéria-prima	31
2.12.2. Lavagem	31
2.12.3. Seleção	32
2.12.4. Descascamento	32
2.12.5. Despulpamento	33
2.12.6. Refino	33
2.12.7. Embalagem	34
2.13. Métodos de conservação por congelamento	34
2.13.1. Congelamento convencional	34

2.13.2. Congelamento ultra-rápido	36
2.13.3. Armazenagem congelada	39
2.14. Cinética de congelamento	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS	45
3.1. Matéria-prima	45
3.2. Processamento para obtenção da polpa	45
3.3. Cinética de congelamento	48
3.3.1. Tratamento dos dados	48
3.4. Métodos de congelamento inicial	49
3.4.1. Congelamento em freezer convencional (-22,6°C)	49
3.4.2. Congelamento a temperatura de -110°C	49
3.4.3. Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	50
3.5. Armazenamento refrigerado	50
3.6. Caracterização física do umbu “in natura”	50
3.6.1. Massa	51
3.6.2. Diâmetro	51
3.6.3. Volume	51
3.6.4. Massa específica	51
3.7. Análises físico-químicas da polpa de umbu	51
3.7.1. Ácido ascórbico (vitamina C)	51
3.7.2. Acidez titulável	52
3.7.3. Cinzas	53
3.7.4. Açúcares redutores e totais	53
3.7.5. Açúcares não redutores	55
3.7.6. Sólidos solúveis (°Brix)	55
3.7.7. pH	55
3.7.8. Umidade	55
3.8. Análise sensorial	56
3.9. Análise estatística	60
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1. Caracterização física do umbu “in natura”	61
4.2. Rendimento do processamento de polpa	63
4.3. Cinética de congelamento	64
4.4. Alterações físico-químicas da polpa de umbu durante o armazenamento frigorificado	68
4.4.1. Ácido ascórbico	68
4.4.2. Acidez titulável	70
4.4.3. Açúcares redutores	72
4.4.4. Açúcares não redutores	73
4.4.5. Açúcares totais	74
4.4.6. Sólidos solúveis (°Brix)	75
4.4.7. pH	76
4.5. Análise sensorial	77
4.5.1. Aparência	77
4.5.2. Cor	78
4.5.3. Odor	79
4.5.4. Sabor	81

5. CONCLUSÕES	82
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
ANEXOS	93
ANEXO A	94
ANEXO B	96
ANEXO C	98
ANEXO D	100
ANEXO E	101
ANEXO F	103
ANEXO G	104
ANEXO H	105
ANEXO I	106
ANEXO J	108
ANEXO L	109
ANEXO M	110
ANEXO N	111
ANEXO O	112

LISTA DE FIGURAS

		PÁG.
FIGURA	1	Umbuzeiro 6
FIGURA	2	Estado de dormência vegetativa 7
FIGURA	3	Floração do umbuzeiro 8
FIGURA	4	Início de frutificação do umbuzeiro 8
FIGURA	5	Frutos do umbuzeiro 9
FIGURA	6	Fluxograma básico para processamento de frutas na produção de polpa congelada 30
FIGURA	7	Curva de congelamento de um produto alimentício 43
FIGURA	8	Umbu maduro utilizado no experimento 45
FIGURA	9	Fluxograma das operações realizadas para obtenção da polpa de umbu congelada 46
FIGURA	10	Embalagem de polietileno 48
FIGURA	11	Kryostat Tipo N - 180 49
FIGURA	12	Caixa metálica e cesto de tela de arame galvanizado 50
FIGURA	13	Amostra da polpa de umbu 56
FIGURA	14	Cabines individuais para avaliação da polpa e do suco de umbu 57
FIGURA	15	Ficha para avaliação sensorial do sabor do suco de umbu 58
FIGURA	16	Ficha para avaliação sensorial da aparência, cor, odor e sabor da polpa de umbu 59
FIGURA	17	Cinética de congelamento da polpa de umbu maduro a $-22,6^{\circ}\text{C}$ para uma amostra de 7,92mm de espessura 65
FIGURA	18	Cinética de congelamento da polpa de umbu maduro, em kryostat refrigerado a nitrogênio líquido a -110°C para uma amostra de 19,96mm de espessura 66

FIGURA 19	Cinética de congelamento da polpa de umbu maduro, por imersão em nitrogênio líquido a -196°C para uma amostra de 6,48mm de espessura .	67
FIGURA 20	Variação do ácido ascórbico da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	70
FIGURA 21	Variação da acidez da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	71
FIGURA 22	Variação dos açúcares redutores da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	72
FIGURA 23	Variação dos açúcares não redutores da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	73
FIGURA 24	Variação dos açúcares totais da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	74
FIGURA 25	Variação dos sólidos solúveis da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	76
FIGURA 26	Variação do pH da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	77
FIGURA 27	Variação da aparência da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	78
FIGURA 28	Variação da cor da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	79

FIGURA 29	Variação do odor da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	80
FIGURA 30	Variação do sabor da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C	81

LISTA DE TABELAS

			PÁG.
TABELA	1	Características físicas e organolépticas do umbu (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara).....	12
TABELA	2	Resultados das determinações físicas realizadas em 100 frutos do umbuzeiro.....	13
TABELA	3	Características físicas de umbu.	13
TABELA	4	Rendimento das frutas tropicais utilizadas na indústria de produção de polpas.	27
TABELA	5	Rendimento amostral (%) da polpa de umbu (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara).....	27
TABELA	6	Rendimento em laboratório das partes constituintes do fruto do umbuzeiro	28
TABELA	7	Rendimento em escala piloto das partes constituintes do fruto do umbuzeiro.....	28
TABELA	8	Vantagens do congelamento ultra-rápido com nitrogênio líquido.....	38
TABELA	9	Comparação entre Nitrogênio Líquido e Anidrido Carbônico.	39
TABELA	10	Algumas propriedades do Nitrogênio líquido e do Freon 12.	39
TABELA	11	Médias físicas obtidas de trinta frutos do umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara) escolhidos aleatoriamente	62
TABELA	12	Rendimento, em laboratório, das partes constituintes do fruto maduro do umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara)	63
TABELA	13	Características físico-químicas da polpa de umbu maduro após extração	64
TABELA	14	Valores dos coeficientes de difusão, difusividade efetiva $A_1=1$ e difusividade efetiva média para polpa de umbu maduro para as três fases do congelamento, quando a polpa é submetida ao congelamento a $-22,6^{\circ}\text{C}$ em freezer convencional, a -110°C no aparelho refrigerado a nitrogênio líquido e a -196°C por imersão em nitrogênio líquido	68

RESUMO

Polpa de umbu maduro foi submetida a três métodos de congelamento inicial, a $-22,6$, -110 e a -196°C ao longo de um período de 180 dias de armazenamento frigorificado. Determinou-se a cinética de resfriamento e congelamento e as alterações físico-químicas e sensoriais. Para a polpa congelada a $-22,6^{\circ}\text{C}$, as fases de resfriamento, cristalização e pós-congelamento obtiveram um tempo de aproximadamente de 1.200, 3.000 e 10.200 segundos, respectivamente. Para a polpa congelada a -110°C , este tempo foi de aproximadamente 840, 600 e 3.120 segundos, respectivamente. Para a polpa congelada a -196°C , este tempo foi de 70, 20 e 235 segundos, respectivamente. Os métodos de congelamento não interferiram na estabilidade do ácido ascórbico. Os níveis de acidez apresentaram uma tendência de aumento ao longo do armazenamento. Os açúcares redutores, não redutores e totais se mantiveram de um modo geral estáveis e não sofreram influência dos métodos de congelamento. Houve uma tendência de aumento dos sólidos solúveis da polpa de umbu ao longo da armazenagem frigorificada, para os três métodos de congelamento inicial. O pH se manteve estável e não sofreu influência dos métodos de congelamento. A análise sensorial resultou numa preferência dos provadores, quanto a aparência, para a polpa congelada a -110°C e a -196°C em relação ao congelamento em freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, tendendo esta preferência a desaparecer no final do período. Quanto ao odor, cor e sabor, todos os tratamentos obtiveram igual preferência por parte dos provadores.

**ULTRA-RAPID FREEZING EFFECTS ON PHYSICAL-CHEMICAL AND
SENSORY FEATURES OF UMBU PULP (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)
DURING FROZEN STORAGE**

ABSTRACT

Ripe umbu pulp has been submitted to three initial freezing methods, at $-22,6^{\circ}\text{C}$, -110°C and at -196°C during a period of 180 days of freezing storage. Freezing a cooling kinetic have been determined, physical chemical and sensory alternations. For the frozen pulp at $-22,6^{\circ}\text{C}$ the cooling, crystallization and post-freezing phases obtained a time of around 1.200, 3.000, and 10.200 seconds respectively. For the frozen pulp at -196°C , this time was 70, 20 and 235 seconds respectively. The freezing methods didn't interfere on the ascorbic acid stability. The acid levels present an increasing trend along storing. Reducer, non-reducer sugar and totals have been kept stable in a general way and haven't suffered influence from freezing methods. There has been a trend to increase soluble solids of umbu pulp during freezing storage, for the there initial freezing methods. pH has been stable and hasn't suffered influence from freezing methods. Sensory analysis has showed a preference among tasters. About appearance for frozen pulp at -110°C and at -196°C in relation to freezing in a conventional freezer at $-22,6^{\circ}\text{C}$, this preference leaning to disappear at the end of the period. About smell, color and taste, all treatment obtained equal preference among the tasters.

1. INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro, com uma área de 1.640.000 Km², apresenta regiões fisiográficas heterogêneas e com atividades econômicas distintas (SILVA e PORTO, 1982). A baixa produtividade do setor agrícola é, talvez, um dos maiores entraves ao desenvolvimento do Nordeste. Segundo REIS (1979) a maneira mais correta de atenuar esse problema é o aproveitamento adequado dos recursos naturais de cada microregião, com vistas a atingir a real capacidade de uso das suas terras agrícolas. Quanto a domesticação dos recursos naturais e o aproveitamento racional pelo homem, Duque citado por CAMPOS (1988) menciona que a região semi-árida nordestina possui um enorme potencial em plantas xerófilas, que ainda estão relegadas ao descaso pela maioria dos órgãos competentes, estando entre elas o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara).

De acordo com MARQUES (1977) o umbuzeiro é uma das árvore frutífera nativa mais importante do nordeste brasileiro, no entanto até o momento não houve uma preocupação séria no sentido do seu aproveitamento racional. ANDRADE (1989) cita também que o umbuzeiro é um patrimônio natural da região semi-árida do Brasil devido a sua extraordinária resistência aos períodos secos graças às espetaculares defesas fisiológicas.

DUQUE (1951) salienta ainda a possibilidade de melhoramento no tamanho do fruto, quantidade de polpa, redução no tamanho do caroço e espessura da casca, através da aplicação de seleção genética e da utilização de enxertia. Entretanto, GURIES e LEDIG (1982) ressalva o pouco conhecimento sobre a estrutura e o padrão de variação genética da espécie, o que colocaria em risco um programa de melhoramento genético a longo prazo.

Desta forma, pouco se tem feito em pesquisa sobre essa fruteira que guarda todo um potencial valioso e continua quase que ignorada. Contudo se melhorado, o umbuzeiro pode ser cultivado economicamente, representando assim uma fonte de renda para o sofrido homem das regiões áridas, pois o umbu, além de ser consumido "in natura," ou na forma de sucos, é principalmente conservado como umbuzada (polpa de umbu semi-maduro cozido com leite e açúcar) podendo ainda, ser aproveitado na alimentação de caprinos e bovinos (SOUSA e CATÃO, 1970).

Segundo a FAEB (1977) umbu é comercializado “in natura,” em feiras livres, vendido em balaios ou em latas no sertão; embalado e vendido em redes de plástico nas capitais; sendo ainda precariamente industrializado, através de fabricação caseira, necessitando desta forma, a aplicação de técnicas que viabilizem sua exploração.

A FAEB (1977), menciona também que aos órgãos federais, estaduais e municipais compete dar proteção aos umbuzeiros, promovendo a sua defesa e preservação não permitindo absurdas devastações que tem sido feitas sem que se cogite do seu replantio. Ainda às autoridades compete cuidar do melhoramento da planta, mediante trabalhos experimentais, de modo a tornar possível o fomento desta fruteira que merece ser propagada nas áreas onde ecologicamente se comporta bem. Segundo o mesmo autor, aos técnicos compete o desenvolvimento científico, a organização de programas de trabalho, além de efetuar e orientar experimentos de modo a tornar o umbuzeiro uma cultura economicamente cultivada com posição definida entre as demais fruteiras, nativas e exóticas.

O umbu é um produto que tem importância alimentar e se constitui também como uma fonte de renda para as famílias dos agricultores da região semi-árida do Nordeste. No entanto é uma fruta de rápida sazonalidade e precibilidade. O fruto uma vez apanhado, e em condições ambientais de preservação dura no máximo dois ou três dias. Portanto, durante o período de máxima produção, existe uma grande perda do produto devido a falta de uma infra-estrutura adequada (MAIA *et al.*, 1998).

As perdas de frutas após a colheita em países desenvolvidos é estimada entre 5 e 25%, enquanto nos países em desenvolvimento chega a 50% (SILVA, 1995). Segundo dados da ABRACEM (1997), no Brasil, as perdas são grandes, cerca de 50 a 60% dos frutos colhidos são perdidos. LAJOLO (1976), menciona que, as perdas, evidentemente variam com o tipo de fruta e com as condições regionais, sendo algumas dessas perdas ocasionadas diretamente pelo ataque de fungos e bactérias, devidas a maturação e senescência acelerada do fruto, e da falta de estocagem refrigerada.

Assim para evitar certas perdas, é aconselhável o pré-resfriamento do fruto que proporciona a remoção rápida do calor do campo da matéria-prima após a colheita, antes do

transporte, armazenamento e processamento do produto, evitando desperdícios e minimizando perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto “in natura”. De acordo com CHITARRA e CHITARRA (1990), os principais métodos utilizados no pré-resfriamento de frutas são: resfriamento a ar, resfriamento a vácuo (ao evaporar, a água provoca o resfriamento do produto) e resfriamento a água (hidro-resfriamento). Ultimamente, em certos países, o vapor de nitrogênio tem sido usado também para este objetivo (GAVA, 1984).

Após a operação de pré-resfriamento do fruto, este é introduzido na câmara refrigerada para armazenamento, onde é submetido às condições adequadas para sua conservação.

Na refrigeração, utiliza-se temperaturas um pouco acima do ponto de congelação, e pode ser usada como meio de conservação básica ou conservação temporária até que se aplique outro método de conservação.

De acordo com ALMEIDA (1999), o umbu por ser um fruto de rápida perecibilidade, mesmo quando armazenado a temperatura de refrigeração de 5 a 10°C, só se conserva por no máximo 8 semanas, alterando neste período, suas características naturais e inibindo, apenas, parcialmente a atividade dos microorganismos.

Assim, para se conservar umbu por períodos mais longos que 2 meses, existe a necessidade de congelamento da fruta “in natura” ou processada.

A opção do processamento do umbu, para obtenção de polpas congeladas, é uma atividade agro-industrial importante na medida em que agrega-se valor econômico á fruta. A ampliação deste mercado atualmente depende da melhoria da qualidade do produto final, que engloba os aspectos físicos, químicos, microbiológicos, nutricionais e sensoriais.

O congelamento de polpa de frutas em temperaturas baixas, visa basicamente estender a vida útil de seu consumo, preservando a qualidade por inibição dos possíveis processos deteriorativos (CABRAL e FURTADO, 1997).

1.1. Objetivos

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo:

- a) Estudar a cinética de resfriamento e congelamento da polpa de umbu maduro às temperaturas de $-22,6$, -110 e -196°C .
- b) Determinar as características físicas (massa, diâmetro maior, diâmetro menor, volume e massa específica) do produto “in natura,” rendimento do processamento da polpa e das características físico-químicas (ácido ascórbico, acidez titulável, açúcares redutores não redutores e totais, sólidos solúveis e pH) iniciais da polpa recém processada.
- c) Avaliar as alterações das características nutricionais (ácido ascórbico, açúcares totais, redutores, não redutores), físico-químicas (pH, acidez, sólidos solúveis) e sensoriais (aparência, cor, aroma e sabor) da polpa de umbu maduro, submetida a três métodos de congelamento inicial (freezer convencional $-22,6^{\circ}\text{C}$, Kryostat refrigerado a nitrogênio líquido -110°C e por imersão em nitrogênio líquido -196°C) e em seguida armazenadas a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$ durante 180 dias.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Histórico

A primeira referência ao umbuzeiro foi feita por Gabriel Soares de Souza, em sua obra “Tratado Descrito do Brasil em 1587,” quando fez uma fiel descrição desta planta. (Sousa citado por MENDES, 1990). No século XVIII, o umbuzeiro foi estudado e classificado recebendo o nome científico de *Spondias tuberosa*, pelo botânico Manoel de Arruda Câmara.

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é uma árvore rústica, frutífera, excessivamente produtiva, caducifólia, xerófila, perfeitamente adaptada aos solos rasos, secos, argilosos sem humos, exposta a forte irradiação das regiões semi-áridas do Nordeste brasileiro (GOMES, 1965).

O umbuzeiro, segundo DUQUE (1980), tem as mesmas exigências ecológicas do sisal (*Agave sisalana* Perr.) do caroá (*Neoglaziovia variegata* Mez.) da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) e do aveloz (*Euphorbia timcalli* L.). Cresce em estado nativo, nas caatingas elevadas, de ar seco, noites frescas e dias ensolarados em associação com a vegetação natural composta de facheiro (*Cereus squamosus* Guerke), mulungu (*Erythrina velutina* Willd), macambira (*Bromelia laciniosa* Mart.), imburana-de-cheiro (*Torresea cearensis* Fr. All.), faveleiro (*Cnidocolus phyllacanthus* (Mart.) Pax.), paineira (*Chorisia ventricosa*), icó (*Capparis yca* Eichl.), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.) e outras próprias do mesmo habitat. A sua presença é notada, também, na região do Agreste e mais freqüente, no Sertão, no Cariri paraibano, serra do seridó norte-riograndense, Agreste piauiense e Caatingas de Pernambuco e Bahia.

De acordo com SOUZA (1961), o umbuzeiro é uma árvore pouco alegre à vista, tem madeira áspera e sem espinho é como o da romeira. Esta fruteira distribui-se pelo sertão, no mato que se chama caatinga. Esta árvore lança das raízes naturais outras raízes maiores e menores, redondas e compridas e acham-se algumas afastadas da árvore e outras mais perto. Essas raízes tuberosas, rica em água, são descobertas pelos viajantes e sitiante assediados pela sede, que as usam para saciar a sede (HOEHNE, 1979).

Segundo CUNHA (1929), o umbuzeiro é a árvore sagrada do sertão, pois, sem ela, o sertão tão estéril estaria despovoado. Esta planta representa o mais frisante exemplo de adaptação da flora sertaneja.

2.2. Botânica

O umbuzeiro planta xerófila nativa do semi-árido do Nordeste brasileiro, é do gênero *Spondia*, da família das anacardiáceas (DUQUE, 1973); pertence ao mesmo gênero e família da cajazeira (*Spondias lutea* Engl.) que, tem como centros de diversidade a Amazônia ocidental e Mata Atlântica (MITCHELL e DALY, 1995), a serigueleira (*Spondias mombin* L), que está dispersa em toda a América tropical (LEON e SHAW, 1990), da cajaraneira (*Spondias cytherea* Sonnerat), originária da Polinésia (AIRY SHAW e FORMAN, 1967), e do umbu-cajá (*Spondias* spp), que é um híbrido natural entre a cajazeira e o umbuzeiro (GIACOMETTI, 1993), que tem origem desconhecida, características de planta xerófila e está disseminado em alguns estados do Nordeste como o Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Pernambuco e Bahia.

O umbuzeiro é uma árvore de crescimento lento, baixa, esparramada, de ramos tortuosos e coberto de folhagem abundante (Figura 1). A copa da árvore adulta forma um círculo, cuja altura raramente ultrapassa os 6m, podendo atingir até 15 metros de diâmetro (BRAGA, 1976; CORRÊA, 1978).



FIGURA 1 – Umbuzeiro.

A sobrevivência do umbuzeiro por mais de 100 anos, mesmo com as secas, é assegurada pelos xilopódios ou batatas, nas raízes, com o armazenamento de água, de mucilagens, glicose, tanino, amido e ácido (BRAGA, 1968). De acordo com GOMES (1964), esta árvore perde todas as folhas na longa estação seca, para evitar a transpiração, e atravessa o verão em estado de dormência vegetativa (Figura 2), com os xilopódios cheios de reservas nutritivas. Ao iniciar o inverno, as primeiras chuvas, modificando a temperatura e umidade relativa do ar, aceleram o metabolismo interno com o aparecimento das primeiras folhas e flores.



FIGURA 2 – Estado de dormência vegetativa do umbuzeiro.

A floração do umbuzeiro se dá após as primeiras chuvas e a abertura das flores durante a madrugada, entre zero e quatro horas, independentemente do ambiente. Os autores acreditam que os fatores responsáveis pelo início e fim do período de abertura (antese) são dois: a umidade relativa e a luminosidade. As flores são brancas, perfumadas, melífera, dispostas em panículas terminais de 10 a 15 cm de comprimento (Figura 3). Os ramos da inflorescência e o pedicelo são finamente pilosos (LIMA, 1989).

Segundo PIRES e OLIVEIRA (1986), numa mesma inflorescência, 50% das flores são hermafroditas, enquanto os outros 50% restantes são flores masculinas com gineceu rudimentar o que define a espécie como andromonóica do ponto de vista reprodutivo.



FIGURA 3 – Floração do umbuzeiro.

O período de frutificação do umbuzeiro é de aproximadamente 4 meses, iniciando-se nas primeiras chuvas (Figura 4), sendo que uma só árvore chega a produzir mais de 300 Kg de frutos. Considerando um plantio organizado com 25 plantas por hectare, um pomar adulto produziria 7,5 toneladas/ha de frutos por ano (DUQUE, 1980).

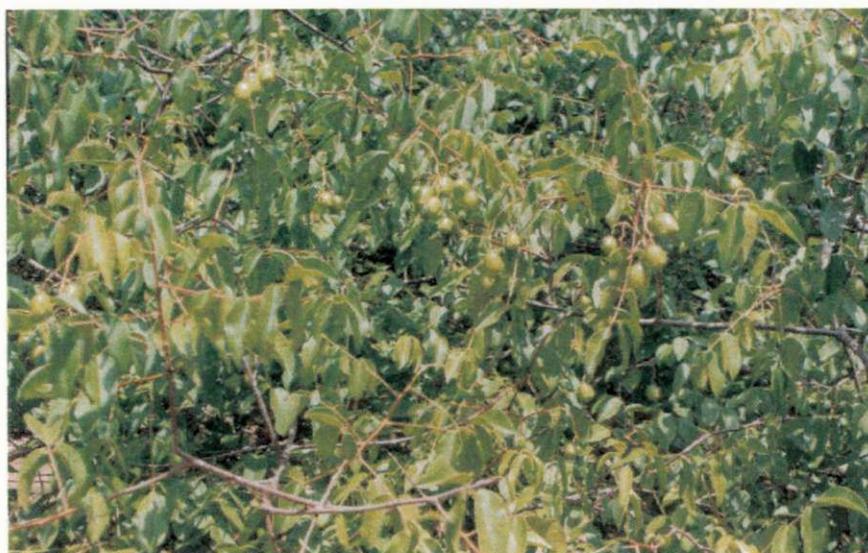


FIGURA 4 – Início de frutificação do umbuzeiro.

O fruto do umbuzeiro é do tipo drupa de cor amarelo-esverdeado, é suculento e de sabor apreciável, de 20 a 35 mm de comprimento e pesando de 10 a 20g, tem forma redonda ou oblonga (Figura 5). É constituído, em média, por 22% de casca (epicarpo) de cor amarelo-esverdeada quando maduro, 68% de polpa (mesocarpo) de sabor agridoce e 10% de caroço (endocarpo), que é rico em gordura e proteína (MENDES, 1990). A composição por 100g do fruto, 44 calorias, 0,6g de proteínas, 20 mg de cálcio, 14 mg de fósforo, 2 mg de ferro, 30 mg de vitamina A, 0,04 mg de vitamina B₁, 0,04 mg de vitamina B₂ e 33 mg de vitamina C (GUIA RURAL, 1986).



FIGURA 5 – Frutos do umbuzeiro.

Gomes citado por MAIA *et al.* (1998) afirma que há 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. Infelizmente ainda não foram estudadas.

2.3. Condições Edafo-climáticas

GOMES (1973), relata que o umbuzeiro não se mostra exigente a solos. Em seu “habitat” encontra-se em solos sílico-argilosos, nem profundos. É fácil encontrá-lo em solos muito rasos e produzindo bem. Devem ser evitados solos muito ácidos, alagados e muito calcários (GOMES, 1965).

O umbuzeiro é uma árvore de clima quente e não é exigente em quantidade pluviométrica. Os locais de maior ocorrência é nos municípios com precipitação entre 400 a 800 mm, chuvas começando em janeiro e terminando em maio, com temperatura variando entre 12°C e 38°C e umidade relativa do ar entre 30 e 90%, com 2000 a 3000 horas de insolação anuais. Embora a pluviosidade média do habitat do umbuzeiro seja de 500 mm anuais, e a temperatura média em torno de 22°C (DUQUE, 1973).

2.4. Sinonímia

Segundo FONSECA (1956) e BRAGA (1960) os nomes vulgares deste fruto são: imbu, umbu, imbuzeiro ou umbuzeiro, que são variantes ortográficas desta planta. Nos autores antigos, encontram-se as formas ambu, ombu, imbu, imbamatará, hoje não mais usadas.

2.5. Aspectos culturais gerais

O umbuzeiro propaga-se por sementes em condições naturais, entretanto, devido ao devastamento das matas, dificilmente uma semente de umbu conseguirá germinar e a planta atingir a idade adulta, considerando o longo tempo exigido para iniciar a produção, que é em torno de 6 anos (TIGRE, 1976).

A propagação do umbuzeiro pode ser sexuada (caroços) ou assexuada, por estaquia ou enxertia. Por não existir plantios comerciais dessa fruteira, o preparo de mudas é feito, quase que exclusivamente por sementes. A germinação é muito desuniforme, ocorrendo entre 12 e 90 dias, sendo mais freqüente ao redor de 40 dias após o plantio, frutos desprovidos de polpa, plantados à pequenas profundidades do solo, o índice de germinação é alto, em torno de 70%, quando não se semeia neste sistema, o índice de germinação é de apenas 30 a 40% (SILVA e SILVA, 1976).

CAZÉ FILHO (1983) concluiu, em seu trabalho sobre propagação vegetativa do umbuzeiro, que as estacas de maior diâmetro apresentaram resultados satisfatórios, com destaque para aquelas retiradas de ramos localizados no interior da copa, e com comprimento de 40 cm e 3,5 cm de diâmetro. Segundo este autor, a época mais recomendada para o estaqueamento do umbuzeiro, é de maio a agosto, período que corresponde ao repouso vegetativo, quando a planta está armazenando ou já terminou de armazenar suas reservas.

ARAÚJO *et al.* (1987) estudando a propagação assexuada do umbuzeiro, verificou que as estacas finas apresentam pequena produção de brotos e ineficiente produção de raízes, enquanto que as estacas médias e grossas apresentaram-se mais promissoras na produção de matéria verde e enraizamento, destacando-se as últimas, não havendo, porém, após 6 meses, a formação de túberas pelas estacas enraizadas.

2.6. Utilização do umbuzeiro

2.6.1. Emprego alimentício

Além do consumo “in natura,” os umbus podem ser utilizados de diversas formas, como: sucos, sorvetes e principalmente como umbuzada (polpa de umbu semi-maduro cozido com leite e açúcar ou rapadura), torta para alimentação animal (SOUSA, 1970; DUQUE, 1973).

2.6.2. Emprego medicinal

CASTRO (1947), relata que substâncias extraídas dos ramos e das raízes são empregadas na medicina popular contra febre, diarreias e também vermífugos. O fruto tem propriedades diuréticas.

2.7. Características físicas, organolépticas dos frutos do umbuzeiro

Entre os estudos mais recentes sobre a caracterização física dos frutos do umbuzeiro, encontram-se as pesquisas realizadas pela SUDENE (1971) cujos resultados mostrados na (Tabela 1).

TABELA 1 – Características físicas e organolépticas do umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara).

Determinações	Características físicas e organolépticas
Massa média do fruto (g)	20,0
Massa da polpa (g)	15,0
Massa da casca (g)	2,4
Massa da semente (g)	2,6
Polpa (%)	73,0
Casca (%)	12,2
Semente (%)	14,8
Forma do fruto	ovalada
Diâmetro maior (cm)	4,0
Diâmetro menor (cm)	3,0
Coloração da casca	amarelo-esverdeado
Sabor	ácido
Aroma	característico

Fonte: SUDENE (1971)

BISPO (1989) em seu trabalho sobre a industrialização do umbu, identificou as propriedades físicas deste fruto, como as que constam na (Tabela 2).

TABELA 2 – Resultados estatísticos das determinações físicas realizadas em 100 frutos do umbuzeiro.

Determinações	Média (x)	Desvio padrão (S)	Coefficiente de variação (C.V.)
Massa do fruto (g)	16,9290	4,1190	24,33
Massa da casca (g)	4,0641	1,2487	30,73
Massa da polpa (g)	10,6950	4,1354	38,67
Massa da semente (g)	2,6010	0,6043	23,23
Diâmetro maior (cm)	3,2162	0,3290	10,23
Diâmetro menor (cm)	2,9676	0,3030	10,21
Volume (cm ³)	18,2100	1,2415	6,82
Massa específica (g/cm ³)	0,9230	0,1818	19,696
Espessura da casca (cm)	0,0782	0,0320	40,92

Fonte: BISPO (1989)

QUEIROZ (1994) em seu trabalho sobre Propriedades físicas e pré-resfriamento de umbu, identificou as características físicas deste fruto, cujo resultados estão apresentados na (Tabela 3).

TABELA 3 – Características físicas de umbu.

Determinações	Características físicas
Massa média do fruto (g)	24,0
Diâmetro maior (mm)	36,0
Diâmetro longitudinal (mm)	34,0
Diâmetro menor (mm)	32,0
Volume (cm ³)	22,0
Massa específica (g/cm ³)	1,06
Esfericidade (%)	92%

Fonte: QUEIROZ (1994)

2.8. Características físico-químicas

2.8.1. Ácido ascórbico (vitamina C)

Segundo NOGUEIRA (1991), a composição vitamínica dos alimentos varia com as condições de solo, clima, luz, regime pluviométrico, grau de maturação, etc. De acordo com Bazori citado por MAIA *et al.* (1998), a polpa de umbu é uma fonte fraca de ácido ascórbico. SOUZA e CATÃO (1970) encontraram em seus estudos um valor de 31,22 mg de ácido ascórbico por 100g de polpa, GUEDES e ORIÁ (1978), 13,08 mg/100g. No trabalho desenvolvido por BISPO (1989), foi encontrado um teor de 9,61 mg/100g, enquanto que FRANCO (1998) reportou valores de até 33,6 mg/100g na polpa de umbu verde e 13,5 mg/100g na polpa do fruto 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 300 mg/100 ml 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/100 ml de suco) como pelo elevado consumo nas dietas, no mundo inteiro (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

O ácido ascórbico é fornecido quase que exclusivamente por vegetais e frutas. Aproximadamente $\frac{2}{3}$ da quantidade total no suplemento alimentar estão nos vegetais, e aproximadamente $\frac{1}{3}$ nas frutas. Grande variação no conteúdo desta vitamina, ocorre nos diferentes tipos de frutas e vegetais. Frutas cítricas, morangos, vegetais folhosos verde-escuro e couve flor, são algumas fontes especialmente ricas (WATT, 1977).

A vitamina C é encontrada em concentrações razoáveis em todas as plantas superiores. Fontes extremamente ricas nessa vitamina, são vegetais verdes frescos e frutas cítricas (BOBBIO e BOBBIO, 1985).

A vitamina C é essencial para construção dos tecidos chamados cimentantes, que unem células de tecidos diferentes mantendo firmes os dentes na cavidade dentária, ossos unido e firmeza dos vasos sanguíneos. Auxilia na absorção de cálcio e ferro e participa da absorção de certos aminoácidos e da síntese de hormônios. Protege contra infecções e é essencial na cicatrização de ferimentos (CAMARGO *et al.*, 1984).

A deficiência de vitamina C leva ao escorbuto, doença comum nas longas viagens marítimas dos exploradores do século XV que, recebiam dietas carentes de frutas e verduras apresentavam sintomas de escorbuto. Em 1907, Holst e Fralich, para melhor estudarem a doença e seu tratamento, provocaram o escorbuto experimental em cobaias, Os sintomas clínicos agudos de uma dieta deficiente de vitamina C, são caracterizados por hemorragias e dificuldades na cicatrização de ferimentos (FRANCO, 1998).

Segundo WILLS *et al.* (1984), a vitamina C (ácido ascórbico) é só um constituinte minoritário das frutas e hortaliças, porém de extraordinária importância na prevenção do escorbuto. Praticamente a totalidade de vitamina C contida na dieta humana é aproximadamente de 90%, procedente de frutas e hortaliças. Para CZYHRINCIW (1969), a vitamina C além de ser importante na dieta é um antioxidante, algumas vezes sendo adicionado para aumentar o sabor ou estabilidade na cor de produtos de frutas.

Bauernfeind citado por CZYHRINCIW (1969), relatou que pH elevado, oxigênio e calor podem destruir facilmente a vitamina C, e que esta substância está em pH baixo e médio.

Segundo CZYHRINCIW (1969), um processamento apropriado de frutas conserva 80 a 90% da vitamina C, por isto sua análise pode servir para checar a organização apropriada da linha de produção.

O consumo da vitamina C está indicado não só para a manutenção da normalidade fisiológica do organismo, como especialmente nos estados agudos e crônicos da hipovitaminosa "C" (LAVOURA, 1986).

Segundo WATT (1977), a perda de ácido ascórbico é freqüentemente tomada como indicação da extensão de possíveis perdas em outros nutrientes, ele é mais facilmente perdido do

que os outros nutrientes. Medidas que protegem o ácido ascórbico são também consideradas protetoras dos demais nutrientes.

A principal causa da degradação da vitamina C é a oxidação, aeróbia ou anaeróbia, ambas levando a formação de furaldeídos, compostos que polimerizam facilmente, com formação de pigmentos escuros. É também rapidamente destruída pela ação da luz. Embora de modo geral, a estabilidade da vitamina C aumente com o abaixamento da temperatura e a maior perda se dê durante o aquecimento de alimentos, existem casos de perda durante o congelamento, ou armazenamento de alimentos a baixas temperaturas. Também há perdas de vitamina C na lixiviação de alimentos, sendo a perda ainda maior quando a lixiviação é feita com aquecimento (BRASIL e GUIMARÃES, 1998). No geral, as perdas maiores de vitamina C ocorrem, em produtos cítricos, durante o aquecimento (TANNENBAUM *et al.*, 1993).

Segundo FRANCO (1998), especialistas da FAO/OMS recomendam 30 mg diários de vitamina C para adultos de ambos os sexos, de 13 a 50 anos; 50 mg durante a gestação e lactação e, para crianças recém-nascidas e crianças até a idade de 13 anos, 20 mg diários.

2.8.2. Acidez titulável

A acidez é um atributo importante porque o gosto azedo é o principal fator na aceitabilidade de frutos cítricos e seus sucos. Assim, laranjas, (aproximadamente 1% de acidez e pH 3,5 são geralmente aceitáveis e limões 5-6% de acidez, pH 2,2) são notavelmente azedos (KEFFORD e CHANDLER, 1970).

Segundo BLEINROTH (1988), o teor de acidez total tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta, até o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que ela vai amadurecendo. Para CHITARRA (1998), as mudanças que ocorrem na concentração de ácidos orgânicos durante o desenvolvimento, diferem para cada tipo de fruto.

Nos estudos realizados por SOUZA e CATÃO (1970) e GRANJA (1985) os valores encontrados para acidez do umbu foram de 1,57 e 1,85% de ácido cítrico. BISPO (1989)

encontrou um valor de 1,23% e ALMEIDA (1999) encontrou valores de 0,96 e 1,07% para umbus semi-maduros e maduros, respectivamente.

2.8.3. Açúcares redutores, não redutores e totais

Entre os hidratos de carbono se encontram em primeiro lugar os açúcares, que pode considerar-se como as principais substâncias das frutas. Os diversos grupos de frutas contém as seguintes quantidades de açúcares. Frutas com sementes de 8 a 15%, frutas com caroço de 6 a 12%, uvas de 13 a 20% e as diversas espécies de laranjas de 3 a 13% (STUDER, *et al.*, 1996).

De acordo com AWAD (1993), os frutos são, em primeiro lugar, uma fonte de energia. A concentração de açúcares na polpa da maioria deles se situa na proximidade de 10%, com vários tipos de frutas apresentando valores bem superiores (banana, manga, caqui, uva).

Os açúcares solúveis presentes nos frutos 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 e CHITARRA, 1990). CHITARRA (1998) afirma que, os principais açúcares em frutos são a glicose, a frutose e a sacarose, em proporções variadas, de acordo com a espécie e com a cultivar. O teor de açúcares geralmente aumenta com a maturação dos frutos.

BISPO (1989), determinou o conteúdo total de açúcares redutores e totais da polpa de umbu usando o método do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), sendo encontrado um teor médio de 1,88% e 7,95% e açúcares não redutores 6,07%. ALMEIDA (1999) determinou o conteúdo total de açúcares redutores e totais dos umbus semi-maduro, e maduros, usando o método Eynon-Lane (RANGANNA, 1977) sendo encontrado um teor médio de 4,45 e 3,64%, 8,37 e 7,44%, e açúcares não redutores 3,92 e 3,8% sacarose, respectivamente.

2.8.4. Sólidos solúveis (°Brix)

É a porcentagem, em gramas, de sólidos dissolvidos na água existente em um alimento. No caso das frutas, esses sólidos aquo-solúveis são constituídos por: açúcares (60 a 85% dos

sólidos dissolvidos), ácidos orgânicos, sais minerais, vitamina C e do complexo B e outras substâncias aquo-solúveis (FAPEP/SINE-PB, 1997).

A análise do °Brix tem grande importância para a agroindústria. Em controle de qualidade do produto final, controle de processos, controle de ingredientes, e outros utilizados em indústrias tais como: doces, sucos, néctar, polpas, leite condensado, álcool, açúcar, licores e bebidas em geral, sorvetes, etc.

SILVA *et al.* (1987) em seus estudos, encontraram variações de 10,43° a 13,22°Brix em polpa de umbu. SILVA *et al.* (1988) também encontraram variações de 9,0 a 10,5°Brix.

PEDROSA *et al.* (1989) encontraram variações de 7,2 a 12,8 °Brix e ALMEIDA (1999) encontrou valores de 11,18 e 10°Brix para umbus semi-maduros e maduros respectivamente.

2.8.5. pH

Segundo LEITÃO (1980), o pH é uma característica intrínseca do alimento, de fundamental importância na limitação dos tipos de microorganismos capazes de se desenvolver e na maior ou menor facilidade de conservação.

Biggellow e Cameron citados por LEITÃO (1980) com base no pH, classificaram os alimentos considerando os seguintes grupos: não ácidos com pH acima de 6.0, semi-ácidos pH entre 4.5 e 6.0 e alimentos ácidos pH abaixo de 4.5.

Cameron e Esty citados por LEITÃO (1980) sugeriram a seguinte modificação, com maior subdivisão dos alimentos: pouco ácidos (pH 5.0 ou maior) meio ácidos (pH 4.5 a 5.0) e alimentos ácidos (pH 3.7 a 4.5).

Vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, tais como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microorganismos, escolha da temperatura de esterilização, escolha da embalagem que será utilizada para o alimento, escolha do tipo de material de limpeza e desinfecção, escolha do equipamento com o qual se vai trabalhar na indústria, escolha de aditivos e vários outros (CHAVES, 1992).

Quanto ao potencial hidrogeniônico (pH) do umbu semi-maduro e maduro, os valores encontrados em trabalhos realizados por SILVA *et al.* (1987), BISPO, (1989) e ALMEIDA (1999) foram de 2,65; 2,45; 2,33 e 2,49, respectivamente, o que indica ser um fruto muito ácido.

2.9. Características sensoriais

A análise sensorial é hoje uma disciplina desenvolvida, com seus métodos aplicados em indústrias de produtos de consumo de várias áreas. A competição entre indústrias por parcelas de mercado leva a uma necessidade de aperfeiçoamento da qualidade de seus produtos. As técnicas da análise sensorial têm grande aplicação nesse processo (CHAVES e SPROESSER, 1996).

Segundo Costell e Duran, citados por CHAVES (1993), a análise sensorial é conceituada como “Disciplina científica utilizada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características de alimentos e outros materiais, da forma como são percebidas através dos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição.”

A análise sensorial faz uso dos sentidos humanos para medir as características sensoriais dos alimentos. Muitas vezes a análise sensorial é vista apenas como uma série de métodos, não como um conjunto de estratégias para que os métodos mais apropriados sejam empregados para cumprir um objetivo. Entender como nosso sistema sensorial opera, em termos de fisiologia ou percepção, permite ao experimentador melhor compreensão dos seus dados. Somente conhecendo as propriedades dos receptores sensoriais envolvidos, as possibilidades de adaptação sensorial, as relações entre magnitude sensorial e intensidade física do estímulo, e fatores de personalidade, o analista sensorial poderá compreender as reações sensoriais dos produtos, e desenvolver testes apropriados para cada produto (O’Mahony e Moskowitz, citados por ALMEIDA, 1996).

Com a expansão das indústrias de alimentos e bebidas, após a Segunda guerra mundial, métodos sistemáticos para acessar as reações sensoriais aos alimentos foram muito difundidas. As indústrias buscavam manter a qualidade sensorial dos produtos e reduzir riscos na aceitação de novos produtos por parte do consumidor. O uso de uma equipe de provadores gradualmente substituiu o “experp”, ou degustador treinado em um determinado produto. Hoje a análise sensorial tem várias aplicações como em controle de garantia de qualidade, desenvolvimento de

novos produtos, testes de consumidores, estudos de percepção humana, correlação com medidas físicas, químicas e instrumentais, etc (AMERINE *et al.*, 1965; PANGBORN, 1980; COSTELL e DURAN, 1981).

As análises descritivas multiescalares, como o perfil de análise descritiva quantitativa, são problemas sensoriais de grande interesse porque permitem analisar e quantificar os distintos atributos que configuram a qualidade sensorial de um alimento. Sua utilidade e aplicabilidade da solução de diversos problemas associados ao controle de qualidade, ao desenvolvimento de novos produtos, ou análises das preferências dos consumidores, até que seu uso seja cada vez mais freqüente. No entanto, sua realização apresenta dois pontos críticos, a geração e seleção dos descritores a utilizar em cada caso a seleção e posta a ponto da equipe de provadores, que leva a cada análise (DAMASIO e COSTELL, 1991).

Dados sensoriais de consumidores por sua natureza são subjetivos. Mas é possível analisar objetivamente os dados subjetivos e extrair validade, conclusões reproduzíveis para cada dado, isto é análises descritivas bem executadas levam a dados subjetivos (PORETTA, 1996).

Segundo ZUROWIETZ (1996), todos os nossos sentidos e percepções sensoriais convergem para formar uma emoção total de aceitação. Em nosso tempo de alta tecnologia.

2.9.1. 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 e BOBBIO, 1985).

Aparência é o fator de qualidade de maior importância do ponto de vista da comercialização. É avaliada por diferentes atributos tais como grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (CHITARRA, 1998).

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

A cor e o brilho são atributos óbvios de aparência. Outros fatores que podem ser incluídos na categoria de aparência são itens como: tamanho, forma, integridade e consistência (CHAVES, 1994).

Segundo CZYHRINCIW (1969), a cor dos tecidos dos frutos mudam durante a estocagem em frutos no estado fresco e durante o processamento. Estas mudanças que podem ser ou não desejáveis, são o trabalho da ação das enzimas ou outros processos. Estes processos incluem auto-oxidação de fenóis durante a cocção prolongada, caramelização parcial, reação de Maillard, e reações com utensílios de ferro ou impurezas minerais na água de processamento.

2.9.2. Aroma

O aroma é percebido pelo estímulo químico de sítios no epitélio olfativo por substâncias voláteis em concentrações mínimas. Pode ser influenciado pela espécie, cultivar, maturidade e amadurecimento. Odores indesejáveis podem se desenvolver pelo manuseio ou armazenamento impróprios. Os componentes do aroma podem ser determinados por métodos objetivos (cromatografia a gás), mas, usualmente o aroma é estabelecido subjetivamente, através de análise sensorial (CHITARRA, 1998).

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 e BOBBIO, 1992).

Segundo CHAVES e STROESSER (1996) o aroma, fisiologicamente, é a sensação que se percebe por meio das células receptoras olfativas, quando estimuladas por substâncias voláteis

que passam pela boca. TEIXEIRA *et al.* (1987), menciona que a sensibilidade do olfato humano é bastante eficiente. Quando treinado consegue perceber a presença de certas substâncias em concentrações baixíssimas e conseguem também distinguir milhares de odores diferentes.

Segundo ZUROWIETZ (1996), todas as descobertas sugerem que, no momento que a memória entre em cena a informação sensorial que nós recebemos durante a olfação é a mesma célula nervosa que recebe o sinal por via de uma molécula do odor no nariz que reage e avança diretamente ao centro olfativo do cérebro.

2.9.3. Sabor

O sabor e o aroma são apreciados em conjunto e designados como “flavor”, uma vez que se correlacionam como atributo de qualidade único. O “flavor” é a percepção sutil e complexa da combinação entre sabor (doce, ácido, adstringente, amargo), odor (substâncias voláteis) e textura (firmeza, maciez, granulabilidade, etc.) (CHITARRA, 1998).

MEYER (1968), descreveu “flavor” como sendo a combinação do gosto, cheiro e textura do produto e ainda lembra que a sensação residual que o alimento deixa na boca após ser deglutido, contribui para sensação do “flavor.” LINDSAY (1993), afirma que o termo “flavor” surgiu para um uso que implica a percepção global de todos os sentidos que agem no momento de se consumir o alimento (inclusive audição e tato).

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 a cuja esteoquímica, 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 e BOBBIO, 1992).

Sabor: é, em análise sensorial, a experiência mista, mas unitária, de sensações gustativas, olfativas e táteis percebidas durante a degustação. O sabor engloba as sensações de gosto, odor e táteis orais, podendo ser influenciado pelos efeitos táteis, térmicos, dolorosos e cinestésicos (CHAVES e SPROESSER, 1996).

A impressão dos sabores doce, salgado, ácido e amargo, tanto quanto a viscosidade e a estrutura são percebidas por receptores na língua e no palato (ZUROWIETZ, 1996).

2.10. Aspectos tecnológicos do umbu

SOUZA e CATÃO (1970) fizeram uma retrospectiva sócio econômica sobre a industrialização do umbu, informando que a Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) mostrava-se disposta a subsidiar a implantação da indústria para o aproveitamento da polpa na fabricação de suco.

Em (1971), o Instituto de Nutrição de Pernambuco, em convênio com a SUDENE, desenvolveu alguns trabalhos visando o aproveitamento industrial de frutas regionais. Das pesquisas realizadas, foram obtidos vários produtos tais como: polpa, néctar, doce em massa, tipo marmelada.

Segundo REIS (1979), a baixa produtividade alcançada pelas culturas tradicionais no Nordeste é uma das causas do atraso no desenvolvimento agrícola dessa região. Para alterar esse quadro dever-se-ia efetuar o aproveitamento adequado de seus recursos naturais. Nesse aproveitamento deve ser dada mais atenção para o extrativismo do umbu.

O extrativismo do umbu tem apresentado resultados significativos em seis estados do Nordeste, com destaque para a Bahia, que é o seu maior produtor, com uma produção de 16.669 e 16.430 toneladas nos anos de 1988 e 1989, respectivamente (IBGE, 1991).

SILVA *et al.* (1987) têm mostrado que as altas produções alcançadas pelo umbuzeiro constituem-se numa fonte de renda para muitas famílias, que na época da safra, realizam a colheita dos frutos e os vendem para o consumo “in natura,” ou na forma de doces. Segundo esses mesmos autores, o umbuzeiro é, portanto, uma frutífera potencial para o cultivo, podendo constituir-se numa fonte de matéria-prima para a indústria alimentícia.

A proposta de industrialização do umbu deve ser levada para as pequenas comunidades e estas, por sua vez, poderão agrupar-se e formar cooperativas com vistas ao lançamento do produto no mercado (CAMPOS, 1986, 1987).

Em seu trabalho CAMPOS (1988) testou várias maneiras de aproveitamento do fruto do umbuzeiro por meio de simples tecnologia e concluiu que a industrialização cascira do produto é viável, bastando apenas que essa tecnologia sejam transferidas para os agricultores.

GRANJA (1985), estudando métodos de preservação do suco de umbu comenta que o fruto é industrializado na forma de polpa congelada e exportada para Holanda. Conforme 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.

Apesar da relevante importância econômica para consumo “in natura,” ou industrializado, os poucos trabalhos que têm sido desenvolvidos com o fruto sob o ponto de vista morfológico fisiológico ou tecnológico, encontram-se os de SILVA *et al.* (1984) SILVA *et al.* (1988).

De acordo com MENDES (1990) o umbu, é passível de industrialização, dando uma série de subprodutos, como: doces, geleias, compotas, cocada, vinagre, mouse, licor, xarope, e na forma de passa e, sobretudo, pode guardar espaço no mercado de exportação, dadas as suas características de fruto tropical.

De acordo com LIMA (1992), como alternativa agro-industrial para a região semi-árida do Nordeste do Brasil, está comprovada a viabilidade do aproveitamento do umbu para indústria de alimentos, pois seu processamento propicia a sua comercialização na forma de polpa congelada.

2.11. Polpa de fruta

Segundo a (NTA 21), tem-se por definição que polpa de fruta é o produto obtido por esmagamento das partes comestíveis das frutas carnosas, por processos tecnológicos adequados (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 1978).

Entre as principais matérias-primas para a agroindústria de polpa, figuram as frutas tropicais com maior relevância, como: abacaxi, acerola, cajá, caju, carambola, goiaba, graviola,

mamão, manga, maracujá, 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). De acordo com CABRAL e FURTADO (1997), as frutas devem estar maduras, de modo que seja obtido o máximo de rendimento em termos de teor de sólidos solúveis e aroma. Para TOCCHINI *et al.* (1995) a matéria-prima para a produção de polpa é menos exigente em termos de variedade de fruta. Por exemplo, mangas de variedades com fibras longas, inadequadas à produção de compota, podem ser utilizadas na fabricação de polpa, desde que tenham cor, aroma e sabor apreciáveis, pois as fibras podem ser eliminadas mecanicamente.

A polpa de várias frutas e vegetais tem composição muito semelhante ao produto “in natura”. Elas exercem influência positiva no apetite e refrescam devido seus componentes corantes, aromáticos e aos ácidos orgânicos. Polpas de frutas juntamente com frutas e vegetais são uma perfeita fonte de substâncias biologicamente ativas, tais como: vitamina C, B1, B2, B6, β -caroteno, minerais (potássio, magnésio e cálcio), tanto quanto fibras solúveis e insolúveis. Essas substâncias ajudam o homem manter a sua boa saúde, previnem o câncer e doenças crônicas, retardam doenças degenerativas, (tais como processos de envelhecimento), catarratas e doenças cardiovasculares (ZADERNOWSKI *et al.*, 1997).

Bebidas de frutas, principalmente sucos e néctares, tem baixa caloria e alta quantidade de micro-elementos. Eles são consumidos para enriquecer a dieta em vitaminas e minerais (Kolb e Simson citados por ZADERNOWSKI *et al.*, 1997).

A polpa, deve ser preparada com frutas sadias, limpas, insentas de matéria ferrosa, de parasitas e de outros detritos animais e vegetais. Não deve conter fragmentos de partes não comestíveis da fruta, tais como casca e sementes, nem substâncias estranhas à sua composição normal, exceto as previstas pelas normas. É tolerado a adição de sacarose na proporção declarada no rótulo (BREKKE *et al.*, 1970).

A polpa de fruta, embora seja um produto processado, sua maior aplicação é como matéria-prima para outras indústrias. O transporte, manuseio e armazenamento das frutas “in natura,” além de serem onerosos, tornam-se as vezes inviáveis, dependendo das condições climáticas, da distância e da precibilidade de características de cada fruta (SOLER *et al.*, 1991).

Segundo SOLER *et al.* (1986), o uso de polpa de frutas é uma solução para a indústria processarem no decorrer do ano, com a finalidade de evitar a ociosidade da fábrica e atender a demanda do comércio.

Segundo TIBA (1996), estes produtos tem grande aplicabilidade nas indústrias de conserva de frutas, que produzem as polpas nas épocas de safra, armazenando-as e reprocessando como doce, geleia, néctares e outros, em ocasiões mais propícias nos períodos ociosos ou segundo a demanda do mercado consumidor. Ao mesmo tempo, pode ser também comercializado para outras indústrias, que utilizam a polpa da fruta como parte de formulação de outros produtos, como iogurtes, doces, biscoitos, bolos, sorvetes, refrescos, alimento infantil, e outros.

Segundo MORORÓ (1995), o processamento de frutas propicia a sua comercialização na forma de polpa congelada a qual, além da praticidade para o consumidor, preserva as características químicas e organolépticas da fruta fresca.

O rendimento das frutas tropicais na indústria de polpas varia entre 25 e 80%. Na Tabela 4 estão os rendimentos das principais frutas utilizadas pela Indústria no Brasil.

TABELA 4 – Rendimentos das frutas tropicais utilizadas na indústria de produção de polpa.

Frutas	Rendimento (%)
Abacaxi (<i>Ananas comusus</i> L.)	50-60
Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> D.C.)	75-80
Cajá (<i>Spondias lutea</i> L.)	45-50
Caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	76,97
Goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	60-70
Graviola (<i>Annona muricata</i> L.)	50,30
Mamão (<i>Carica papaya</i> L.)	73,64
Manga (<i>Mangifera indica</i> L.)	55-60
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i> f. <i>flavicarpa</i> Deg.)	25-30
Pitanga (<i>Eugenia uniflora</i> L.)	74,14
Tamarindo (<i>Tamarindus indica</i> L.)	55,00
Umbu (<i>Spondias tuberosa</i> Arr. Câmara)	65,70

Fontes: MAIA *et al.* (1998) e MORORÓ (1998)

Em seu trabalho GRANJA (1985), cujos resultados expressos na Tabela 5, mostram que o rendimento de polpa de umbu varia de 59,1 a 71,5 %. É evidente que estas variações podem ser aceitáveis, tratando-se de uma matéria-prima cujas variedades não foram ainda identificadas cientificamente.

TABELA 5 – Rendimento amostral (%) da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara).

Nº de frutos	Peso total dos frutos (g)	Massa da polpa (g)	Rendimento (%)
48	814,0	582,0	71,5
40	792,0	594,0	75,0
42	768,0	533,0	59,0

Fonte: GRANJA (1985)

BISPO (1989) determinou o rendimento de polpa do umbu, em laboratório, Tabela 6, encontrando o rendimento percentual de 60,94 %.

TABELA 6 – Rendimento em laboratório das partes constituintes do fruto do umbuzeiro.

Partes constituintes	Massa (g)	Percentual (%)
Fruto	1,690	100,00
Casca	0,400	23,52
Polpa	1,036	60,94
Semente	0,260	15,41

Fonte: BISPO (1989)

O rendimento da polpa do umbu determinado por BISPO (1989), em escala piloto, foi de 57,14%, (Tabela 7).

TABELA 7 – Rendimento em escala piloto das partes constituintes do fruto do umbuzeiro.

Partes constituintes	Massa (kg)	Percentual (%)
Fruto	14,0	100,00
Polpa	8,0	57,14
Resíduo (semente + fibra)	4,5	32,14
Perda	1,5	10,70

Fonte: BISPO (1989)

Segundo MAIA *et al.* (1998) o rendimento da polpa de umbu, obtida em escala piloto, pode ser considerado inferior ao de muitos frutos. Contudo, sabe-se que existe matéria-prima com rendimentos de polpa inferior a este, como abacate (35%) e da manga, (33%), dentre outros.

2.12. Processamento

O processamento de polpas de frutas deve seguir uma seqüência de etapas, a exemplo da mostrada na (Figura 6), a fim de que se possa garantir um produto final dentro dos padrões que atendam às normas de qualidade e higiene, estabelecidas pelo Ministério da Agricultura e do Abastecimento, através da Delegacia Federal da Agricultura/Serviço de Inspeção Vegetal (DFASIV) (MORORÓ, 1998).

De acordo com MORORÓ (1998), cada etapa tem sua importância no processo como um todo e descuidos, aparentemente pequenos ou sem importância podem levar ao comprometimento do produto final.

Para obtenção de polpa de elevada qualidade faz-se essencial utilizar frutas sadias, limpas, com ausência de defeitos e com características físico-químicas adequadas (MAIA *et al.*, 1998).

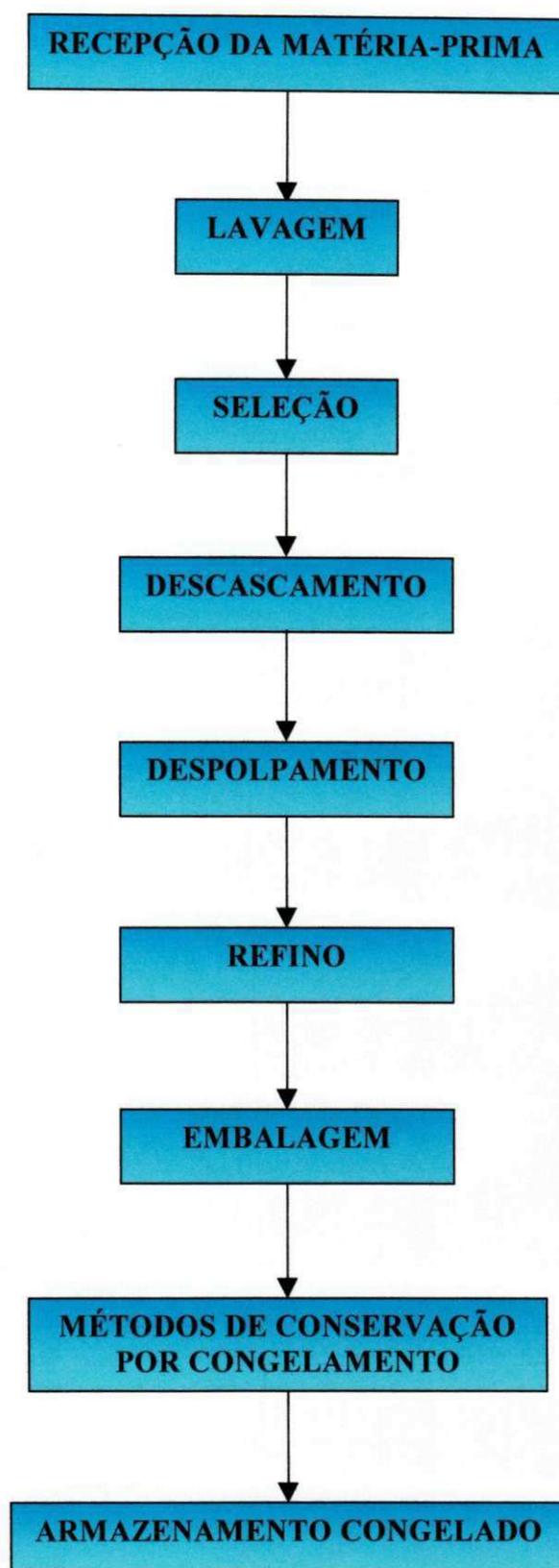


FIGURA 6 – Fluxograma básico para processamento de frutas na produção de polpa congelada.

2.12.1. Matéria-prima

As frutas ao chegarem na unidade de processamento, são recebidas em caixas para pesagem, apreciação geral do aspecto e realização de anotações em formulário próprio, para acompanhamento do processo (CABRAL e FURTADO, 1997; MAIA *et al.*, 1998; MORORÓ, 1998).

2.12.2. Lavagem

Essa operação elimina sujidades, terra, bactérias superficiais, mofo e outros contaminantes (HOLDSWORTH, 1988). Segundo TOCCHINI *et al.* (1995), a lavagem das frutas é normalmente feita em lavador mecânico, que conjuga um banho por imersão, para a remoção das impurezas mais grosseiras e um sistema de chuveiros ou "spray," para complemento dessa lavagem. Recomenda-se, sempre, a aplicação de água clorada, com um teor de cloro livre da ordem de 5-10 ppm para desinfecção do material, que vai ser processado.

De acordo com MORORÓ (1998), a água é de suma importância, pois é o principal agente desta operação. Água com aparência limpa não significa que esteja isenta de microrganismos patogênicos e metais tóxicos; por isso, deve ser convenientemente tratada, a fim de se tornar água potável.

Segundo SOLER *et al.* (1991), os processos de lavagem requerem grande atenção em relação ao estado sanitário da água e dos equipamentos, à eliminação da água utilizada e aos cuidados posteriores com o produto lavado.

Os principais métodos de lavagem das frutas para obtenção de polpa, são descritos abaixo (SOLER *et al.*, 1991).

a) Lavagem por imersão

É o método mais simples de lavagem, é utilizado como tratamento preliminar, eliminando a sujeira mais grossa. Os tanques de imersão podem ser de cimento ou aço inoxidável.

b) Lavagem por agitação em água

É um método um pouco mais eficaz que a imersão. A agitação pode ser feita por meios mecânicos, com o uso de pás ou hélices, ou simplesmente usando ar comprimido. No caso de frutas, o ar comprimido é o mais indicado, não causa danos à sua superfície, podendo ser usado com produtos delicados como morango, maçã, etc.

c) Lavagem por aspersão

Este é talvez o mais importante e satisfatório método de lavagem, durante o qual o produto é exposto a jatos de água.

A eficiência da lavagem depende da pressão e volume de água usada, da temperatura da água, da distância do produto alimentício à origem de aspersão, do tempo de exposição do alimento ao jato, regulado pela velocidade da esteira, e do número de jatos utilizados.

2.12.3. Seleção

Após a operação de lavagem, a seleção final é a etapa mais importante, pois é ela a responsável pela classificação final da fruta que será processada. Nesta seção, as frutas são expostas sobre mesas ou esteiras especiais, onde avaliadas quanto à maturação, firmeza, machucaduras, defeitos causados por fungos, roedores e insetos. São retiradas todas as frutas que venham comprometer a qualidade do produto final (MORORÓ, 1998). As frutas devem estar maduras, de modo que seja obtido o máximo de rendimento em termos de teor de sólidos solúveis e de aroma (CABRAL e FURTADO, 1997).

2.12.4. Descascamento

Muitas frutas necessitam passar pelo processo de descascamento, antes de seguirem para fases posteriores de despulpamento e acabamento (TOCCHINI *et al.*, 1995). O descascamento da maioria das frutas é realizado manualmente ou simplesmente ocorre no próprio despulpamento (FAPEP/SINE-PB, 1997).

Em frutas com abacaxi, mamão, poderão ser descascadas de diversas maneiras, desde o processo mecânico utilizado nas grandes indústrias, até o sistema manual (TOCCHINI *et al.*, 1995; MORORÓ, 1998).

Frutas como goiaba, acerola, morango, umbu, cajá, caju, pitanga, pêssego etc. Não são descascadas e sim retirados restos florais, talos, etc. (MORORÓ, 1998).

2.12.5. Despolpamento

É o processo utilizado para separar da polpa o material fibroso, sementes e cascas. Esta etapa pode ser realizada em despolpadeira vertical ou horizontal, onde ocorre a passagem da fruta, por uma malha de aço inox com diferentes tamanhos de furos para seu refinamento. A polpa é recolhida na parte inferior do equipamento em recipiente limpos de aço inox, e são transportados ou bombeados para etapa seguinte (SOLER *et al.*, 1991; CABRAL e FURTADO, 1997).

2.12.6. Refino

A polpa após sua extração, pode requerer um refinamento para melhorar seu aspecto visual e estabilidade física. O refino pode ser feito, normalmente, na mesma despolpadeira utilizada na etapa anterior, porém utilizando-se uma peneira de malha bem fina, da ordem de 0,020 polegadas. Com isso consegue-se eliminar pequenas frações de fibras, pedaços de sementes, etc., além de dar à polpa uma consistência que se pode eliminar uma fase posterior do processamento conhecida como homogeneização (MORORÓ, 1998; TOCCHINI *et al.*, 1995).

Segundo Luck citado por MAIA *et al.* (1998) o problema básico no refinamento é a remoção do material suspenso mais grosseiro e, ao mesmo tempo, a retenção de quantidade suficiente de cromatóforos ou plastídios necessários para a obtenção da cor, sabor e aroma característicos.

2.12.7. Embalagem

Todo alimento processado deve ser preservado por uma embalagem que, além da função protetora, pode ter funções de propaganda e facilitar seu manuseio no processamento, armazenamento e uso pelo consumidor (BOBBIO e BOBBIO, 1992).

A proteção contínua do produto contra lesões mecânicas exige que o envase conserve sua resistência ao longo de toda cadeia de comercialização (WILLS *et al.*, 1984).

A polpa extraída é transportada ou bombeada para uma dosadora, regulada para encher a embalagem em quantidades previamente definidas, deverá constar além de outros dados exigidos pela legislação, a denominação “polpa,” seguida de nome da fruta, além da data de fabricação e prazo de validade (CABRAL e FURTADO, 1997).

A embalagem primária usualmente empregada é o filme flexível de polietileno de baixa densidade, na capacidade, aproximadamente 100g, e esses reunidos em uma embalagem secundária de 400g (FAPEP/ SINE-PB, 1997; MAIA *et al.*, 1998).

Segundo GRUDA e POSTOLSKI (1985), materiais como: polietileno e polipropileno, de baixa densidade, não exercem nenhuma influência sobre o aroma e sabor, são bastante resistente a temperaturas baixas, e são inócuo no aspecto tóxico-fisiológico.

2.12.8. Métodos de conservação por congelamento

2.12.8.1. Congelamento convencional

Segundo Heldman citado por SIMÕES (1997), o congelamento é um dos processos mais usados na preservação dos alimentos. A diminuição da temperatura, ocorrida durante o congelamento, diminui as atividades dos microorganismos e sistemas enzimáticos, além das reações químicas prevendo a deterioração do produto.

Segundo Desrosier citado por TIBA (1996), apesar de ser o congelamento, um processo que permite maior retenção das qualidades nutricionais e organolépticas, perdas nutricionais

ocorrem principalmente em relação às vitaminas, sendo a vitamina C mais sensível que as demais vitaminas.

Segundo Stoecker e Jabardo, citado por SILVA (1998) a era moderna do alimento congelado teve início com o desenvolvimento de técnicas de congelamento rápido, através das quais, o congelamento pode ser realizado em horas, ao invés de dias, evitando-se assim a formação de macro cristais no interior do produto. Atualmente, essa indústria é responsável por uma movimentação econômica em torno de 8 bilhões de dólares ao ano. Um dos métodos mais populares de congelamento é a utilização de freezer comerciais a temperaturas que variam entre -18 e -25°C .

Para DOSSAT (1980) a diferença principal entre congelamento lento e congelamento rápido está na dimensão, número e localização dos cristais de gelo formados no produto quando os fluidos celulares são solidificados.

Segundo EVANGELISTA (1987), o congelamento está condicionado, principalmente, ao teor aquoso do alimento e aos compostos neles dissolvidos, por isso, o tempo de congelamento de um líquido puro como água, não poderá ser o mesmo para aquele em que se acham dissolvidas substâncias orgânicas e inorgânicas, como ocorre em alimentos.

Segundo SING e HELDMAN (1998), para congelar um alimento, o produto deve expor-se a média e baixa temperatura durante um tempo suficiente para eliminar os calores sensível e latente de fusão do produto. A eliminação do calor latente e sensível produz uma diminuição da temperatura do produto assim como a transformação da água do estado líquido para o estado sólido. Na maioria dos casos, aproximadamente 20% da água permanece no estado líquido no alimento congelado. De acordo com VICENTE *et al.* (1994) quando o congelamento é muito rápido, como, quando se utiliza o nitrogênio líquido, toda água existente no produto se congela. Para STUDER (1996), frigoríficos domésticos com temperaturas de -18 a -35°C não transforma em gelo toda água dos alimentos, para o qual necessitariam de temperaturas abaixo de -60°C .

Segundo FRANCO e LANDGRAF (1996), quando o alimento é colocado a temperaturas abaixo daquelas de congelamento, a água extracelular começa a congelar, e os solutos presentes

tendem a migrar para a parte líquida remanescente. Conseqüentemente, ocorre um aumento na concentração de solutos com a redução da temperatura de congelamento desse líquido. Dependendo da velocidade de congelamento, alguns materiais sólidos ficam presos no interior dos cristais de gelo ou entre os cristais.

Quando a água se transforma em gelo ocorre uma expansão do volume algo inferior a 9%. Os alimentos com um alto teor de água se expande, ao congelar-se, proporcionalmente mas que aqueles cujo conteúdo de água é menor (COX, 1987). Alimentos que necessitam de baixas temperaturas, como meio de preservar a qualidade, geralmente contém uma grande quantidade de água, que varia de 60 a 95%. A água presente nos alimentos age como um solvente para vários compostos orgânicos e inorgânicos assim como sal e o açúcar (MANNAPPERUMA e SINGH, 1989).

Segundo GRUDA e POSTOLSKI (1986), a velocidade de congelamento de uma solução não exerce influência unicamente sobre a quantidade, mas também, sobre a forma dos cristais. Os cristais regulares hexagonais se formam durante o congelamento lento, cristais irregulares, se originam do congelamento médio e cristais esféricos se produzem em congelamento rápidos e ultra-rápidos.

A temperatura recomendada para o congelamento de polpa de frutas é na faixa de 18°C negativo; no entanto, o tempo ocorrido entre a abertura do fruto até a polpa atingir -5°C não deve ultrapassar quatro horas. Essa temperatura deverá atingir cerca de -18°C num tempo de oito a dez horas e deverá ser mantida durante todo o tempo de armazenamento e transporte até o momento do consumo (MORORÓ, 1998). A temperatura utilizada terá que ser suficiente, dependendo do tipo, tamanho e características do produto, para produzir um congelamento onde a faixa de cristalização máxima seja ultrapassada rapidamente, para logo permanecer em uma temperatura não inferior a -18°C. Esta temperatura terá que ser mantida no armazenamento (ASCAR, 1985).

2.12.8.2. Congelamento ultra-rápido

Segundo VICENTE *et al.* (1994), a criogenia pode ser definida como a ciência dedicada a produção de baixas temperaturas (em geral abaixo de -100°C). Atualmente quando falamos de

criogenia nos referimos ao frio originado por aplicação de gases liquefeitos (principalmente o nitrogênio).

O congelamento rápido de produtos alimentícios, se conhece na atualidade como “ultracongelamento”, e se realiza em só alguns minutos (máximo de 120). Quando o ultracongelamento é feito por aplicação de gases criogênicos (nitrogênio líquido principalmente a baixas temperaturas, o processo se realiza de 1 a 15 minutos (VICENTE *et al.*, 1994).

Um congelamento criogênico normalmente se refere a um fluido cujo ponto de ebulição está bastante abaixo do ponto de congelação normal do alimento. Quando o alimento é emergido no fluido, tem lugar uma evaporação do congelante sobre a superfície do alimento, melhorando portanto o coeficiente de película térmica (LEWIS, 1987). Entre os líquidos criogênicos se destacam o dióxido de carbono e o nitrogênio; este último é o agente ideal para execução do processo, por ser inerte, de baixo ponto de ebulição e destituído de toxidez (EVANGELISTA, 1987).

ANON (1992), comenta que a criogenia permite um congelamento rápido de produtos através do contato direto com nitrogênio líquido, passando por um túnel a temperatura extremamente baixa. É satisfatório para frutas e legumes cortados, e assegura um completo congelamento individual dos produtos. Porém, os custos são altos, instalação e equipamentos são relativamente baratos, mas o custo de consumo do gás é inviável.

O nitrogênio líquido tem um ponto de ebulição de $-195,8^{\circ}\text{C}$, e calor latente de evaporação de 200 kJ/kg. É inerte, não tóxico, insípido, e não induz a aparência de sabores estranhos quando se coloca em contato com alimentos. Não pode, no entanto, empregar para imersão direta do produto alimentício porque origina uma ebulição tumultuosa, choque térmico e a subsequente desintegração mecânica do produto (HOLDSWORTH, 1988).

O uso do congelamento rápido para produção de polpa de fruta dá origem, evidentemente, a um produto final de excelentes características quanto à cor, aroma e sabor, todas elas muito próximas das características da fruta natural (BREKKE *et al.*, 1970).

O congelamento rápido retarda imediatamente as reações químicas e enzimáticas dos alimentos, detendo o crescimento microbiano. O mesmo efeito ocorre no congelamento lento, porém com menos rapidez (AGUSTIN, 1976).

FIKIN *et al.* (1977) em seus estudos, observaram que, ervilhas congeladas em nitrogênio líquido foram de melhor qualidade, com melhor resistência a alterações químicas do que ervilhas congeladas em congelador de placas e especialmente aquelas congeladas por ar corrente.

Para elaboração e sobre tudo para o envio de alimentos congelados, se começou a utilizar muito recentemente o nitrogênio líquido que, como substância inerte, não exerce influência alguma sobre o aroma e sabor dos alimentos congelados (HERRMANN, 1977).

O congelamento ultra-rápido é um método eficaz para conservar os alimentos no estado mais próximo do “in natura”. As frutas quando processadas e envasadas cuidadosamente retém o máximo de sabor e aroma, e também uma elevada porcentagem de seu valor nutritivo original (SOUTHGATE, 1992).

Segundo COX (1987), a velocidade de congelamento afeta não só o tamanho dos cristais de gelo, como também sua localização, no congelamento ultra-rápido se formam cristais pequenos no interior das células, e quando o congelamento é lento, os cristais que se formam são maiores. De acordo com VICENTE *et al.* (1994), o congelamento ultra-rápido com nitrogênio líquido, conserva melhor a estrutura do alimento, apresentando uma série de vantagens de ordem física (Tabela 8).

TABELA 8 – Vantagens do congelamento ultra-rápido com nitrogênio líquido.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1 – Menor desidratação do alimento durante o processo de congelamento.2 – Menor perda de peso do produto ao proceder o descongelamento.3 – Melhores características organolépticas (cor, aroma, sabor).4 – Melhor qualidade microbiológica (detenção do desenvolvimento microbiano e enzimático)5 – Detenção dos processos de oxidação e ranço provocado por oxigênio e desenvolvimento bacteriano. |
|---|

Fonte: VICENTE *et al.* (1994)

Outras vantagens do congelamento com nitrogênio líquido, quando comparado com o anidrido carbônico são apresentados na Tabela 9. Estão expressos na Tabela 10, algumas propriedades do nitrogênio líquido e do freon 12.

TABELA 9 – Comparação entre congelamento por Nitrogênio Líquido e Anidrido Carbônico.

Elementos de comparação	Nitrogênio	Anidrido Carbônico	Vantagens para
Temperatura	-196°C	-79°C	N ₂ : mais rapidez de congelamento
Reações	Inerte	Ácido carbônico em contato com a água	N ₂ : (inerte)
Capacidade frigorífica	72 cal/litro (-196°C) (-20°C)	60 cal/kg	N ₂ : maior capacidade
Custo	100	120	N ₂ : (menos custo)
Armazenamento	Armazenamento a temperatura ambiente	Armazenamento em frio	N ₂ : (mais seguro e barato)
Segurança	Inerte, e no ar está presente	Gás tóxico, produz asfixia	N ₂ : (mais seguro)
Segurança	Baixa pressão de armazen. (3kg/cm ²)	20 kg/cm ²	N ₂ : (menor pressão)
Segurança	Menos pesado que o ar	Mais pesado que o ar	N ₂ : (menos denso)
Canalização	Sem entupimento	Entupimento, se produzir carbônica neve	N ₂ : (sem entupimento)
Túneis de congelamento	Fácil de regular	Difícil de regular	N ₂ : (mais fácil de regular)

Fonte: VICENTE *et al.* (1994)

TABELA 10 – Algumas propriedades do Nitrogênio Líquido e do Freon 12.

Propriedades	Nitrogênio	Freon 12
Ponto de ebulição normal (°C)	-196	-29,8
Temperatura crítica (°C)	-150	112,2
Densidade do líquido a ponto de ebulição normal (kg m ⁻³)	809,7	1,491
Densidade do gás a ponto de ebulição normal (kg m ⁻³)	11,6	6,33
Calor específico do gás a 21°C (kj kg ⁻¹ k)	1,04	0,63
Calor latente de vaporização (kj kg ⁻¹)	199,8	165,1

Fonte: LEWIS (1993)

2.12.9. Armazenamento congelado

A polpa deve ser mantida congelada até o momento do seu consumo. Durante o armazenamento a temperatura de manutenção deve ser -18°C para que a vida útil da polpa de

fruta atinja 06 (seis) meses no mínimo, que é a garantia de qualidade fornecida pelo produtor. Se for utilizada temperatura inferior o tempo de vida útil será aumentado (FAPEP/SINE-PB, 1997; CABRAL e FURTADO, 1997).

A “Association of Food and Drug Officials” dos Estados Unidos recomendam que todos os alimentos congelados se mantenham a -18°C ou temperaturas inferiores, porém se permite um aumento de $5,5^{\circ}\text{C}$ durante períodos mais curtos (AGUSTIN, 1976).

Segundo GRUDA e POSTOLSKI (1986), um dos fatores que mais exercem influência sobre a qualidade de alimentos submetidos ao congelamento, é o clima existente no local que se armazenam congelados. Este clima está constituído por variáveis como a temperatura, umidade absoluta e relativa do ar e renovação e circulação deste. Segundo AMER e RUBIOLO (1998), nos alimentos congelados a qualidade final está relacionada com as condições empregadas durante o processo de congelamento e o período de armazenamento.

A qualidade do alimento congelado varia significativamente em função das condições de armazenamento. A temperatura de armazenamento dos alimentos congelados é uma variável muito importante e que influencia aqueles fatores que reduzem a qualidade do produto, quanto menor for a temperatura (SING e HELDMAN, 1998).

VENNING *et al.* (1989), em seus estudos, observaram que não ocorreram mudanças na cor da polpa de kiwi armazenada a temperatura de -18 e -25°C , mantendo o amarelo esverdeado moderado. Enquanto que a polpa armazenada a temperatura de -9°C mudanças consideráveis na cor foram observadas, tornando-a amarronzada e amarelada, após 52 semanas.

Segundo BARUFFALDI (1998), o maior problema que se encontra no armazenamento congelado está ligado às oscilações de temperatura. Esta variação faz com que haja recristalização mudando o tipo e o tamanho dos cristais. A variação interfere sobremaneira na qualidade do produto. Para DOSSAT (1980), as variações na temperatura de armazenagem causam degelo e recongelamento alternados de alguns dos sucos no produto. Isto tende a aumentar o tamanho dos cristais de gelo no produto e evidentemente resulta no mesmo tipo de dano celular como ocorre com congelamento lento.

A temperatura e o tempo de estocagem congelada são importantes fatores que afetam os valores nutritivos. Vários frutos e vegetais perdem alguns ácidos ascórbico, a menos que sejam mantidos à temperatura bem abaixo do seu ponto de congelamento, (-18°C) e por alguma outra mais baixa. Atualmente, na prática recomenda-se que alimentos devem ser congelados com temperatura acima de -18°C durante a estocagem na venda por atacado e varejo, e distribuição e estocagem doméstica (WATT, 1977).

2.14. Cinética de congelamento

Para KASAHARA *et al.* (1986), uma forma prática de conhecer a evolução de um processo de congelamento é através da variação de temperatura do alimento em função do tempo durante o processo. Segundo NEVES FILHO (1991), no caso de sistemas biológicos ou de alimentos o processo torna-se extremamente complexo em função de um grande número de variáveis. No entanto, até que a temperatura da água, contida em vegetais, principie a congelar, depende do seu teor de sólidos solúveis.

Os alimentos e os sistemas complexos em geral, geram curvas de congelamento típicas, por isso que não se congela a uma temperatura definida, a não ser que o produza através de um alimento. A existência de mais de um soluto, e a presença de diversas estruturas celulares, explicam em grande parte este fenômeno (KASAHARA *et al.*, 1986).

Segundo Heldman citado por KASAHARA *et al.* (1986), a progressiva variação da temperatura do alimento em função do tempo de congelamento, tem diversas conotações e implicações em relação ao seu comportamento térmico. Durante o congelamento, a fração de água congelada muda continuamente com a temperatura, o qual explica a permanente mudança que se percebe das propriedades térmicas. Segundo o mesmo autor, quando um processo de transferência calórica toma lugar em uma condição transiente, a propriedade térmica que tem especial importância é a difusividade térmica α , por quanto este parâmetro nos permite, estabelecer a rapidez com que o calor se difunde no produto que se congela, e conhecer o grau de dependência que existe, para uma localização dada ao produto, entre a temperatura e o tempo.

As propriedades termofísicas dependem em certo grau da temperatura, sendo importante

conhecer estas propriedades para estimar os fenômenos de altas e baixas temperaturas. As propriedades termofísicas necessárias de conhecer são: densidade, calor específico e difusividade térmica. Estas propriedades tem grande mudanças durante o congelamento como consequência da diminuição da temperatura e da mudança de estado da água presente no produto, sendo necessárias conhece-las por ser parâmetros que influem na velocidade e no tempo de congelamento (KASAHARA *et al.*, 1986).

Para processos de transferência de calor em estado não estacionário, uma propriedade de grande importância é a difusividade térmica.

Segundo NEVES FILHO (1991), além da equação de difusão, desenvolvida por Crank em 1956 com base no estudo de Fourier em 1978, a difusividade pode ser definida em termos de outras propriedades térmicas de acordo com a relação:

$$D = \frac{K}{d.C_p}$$

onde:

K = condutividade térmica

d = densidade

C_p = calor específico

De acordo com GRUDA e POSTOLSKI (1986), a velocidade de congelamento de um produto alimentício depende dos seguintes fatores: método de congelamento, tamanho do produto, composição química e propriedades físicas do produto e tipo de embalagem. Na Figura 7, se expressa graficamente a curva típica do processo de congelamento de alimentos. Na curva característica pode-se determinar as três etapas, que corresponde às três fases do processo de congelamento.

Na primeira fase, que corresponde ao tempo decorrido de a a b, se produz o resfriamento do produto a congelar desde a temperatura inicial t_1 até a temperatura crioscópica t_{cr} .

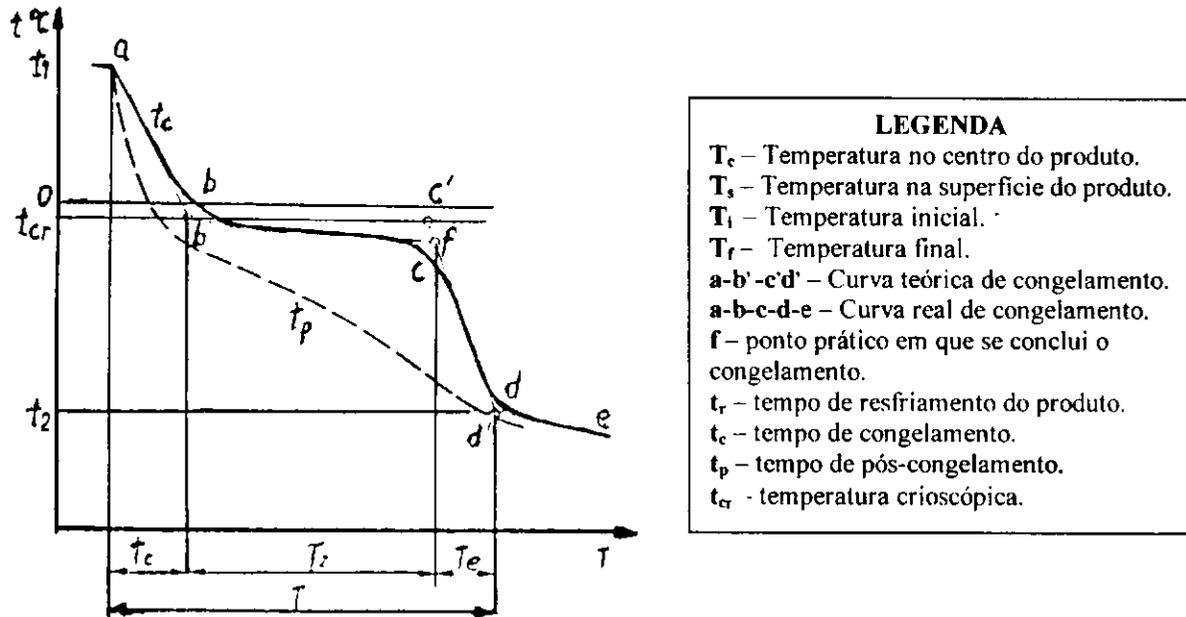


FIGURA 7 - Curva de congelamento de um produto alimentício (GRUDA e POSTOLSKI, 1986).

O período de tempo decorrido de **b** a **c** corresponde ao congelamento, esse estágio tende a decorrer horizontalmente. Na realidade, o suco celular aumenta como também aumenta a quantidade de água congelada, reduzindo constantemente o ponto crioscópico. Assim ocorre uma curva diferente da horizontal, e o ponto que a curva começa a cair bruscamente (ponto **c**) se inicia uma nova fase, que é o pós-congelamento. Nesta fase de **c** a **d**, é o período de redução da temperatura, que corresponde na maioria dos alimentos a um congelamento de aproximadamente de 27% da quantidade total de água.

Para descrever o resfriamento de um produto, diversos pesquisadores entre eles (CALVELO, 1986, KASAHARA, *et al.*, 1986) tem recorrido as equações tradicionais de transferência de calor. No caso específico de polpa de fruta, tem-se utilizado o resfriamento unidirecional de placa plana, considerando a embalagem da polpa de fruta como uma placa plana infinita.

A equação utilizada neste caso é:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad \text{Eq. (1)}$$

Segundo CRANK (1975), a solução da equação (1) para calcular a transferência de calor em regime transiente da polpa cuja forma se assemelha a uma placa plana de espessura $2L$, no instante $F_0 = \alpha/L^2$ (tempo adimensional denominado número de Fourier) é dada por:

$$RT = \frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \text{Exp}(\sigma_n^2 \cdot F_0) \quad \text{Eq. (2)}$$

onde:

$$\frac{T - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = RT \quad \text{Eq.(2a)}$$

$$A_n = \frac{2 \cdot \text{sen } \sigma_n}{\sigma_n + \text{sen } \sigma_n \cdot \text{cos } \sigma_n} \quad \text{Eq.(2b)}$$

$$F_0 = (\alpha / L^2) \cdot t \quad \text{Eq.(2c)}$$

em que:

RT = razão de temperatura, adimensional

T = temperatura em cada momento, °C

T_∞ = temperatura do meio de congelamento, °C

T_0 = temperatura inicial do produto, °C

A_n = constante que depende do produto

σ_n = raiz transcendental

F_0 = número de Fourier, adimensional

α = difusividade térmica efetiva, $\text{mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

L = espessura da amostra de polpa/2

t = tempo, s

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, os quais fazem parte do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba – Campus II.

3.1. Matéria-prima

A matéria-prima utilizada neste trabalho foi frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), em adequado estado de maturação (maduros) Figura 8, obtidos no município de Pocinhos – PB, a 30 km de Campina Grande.

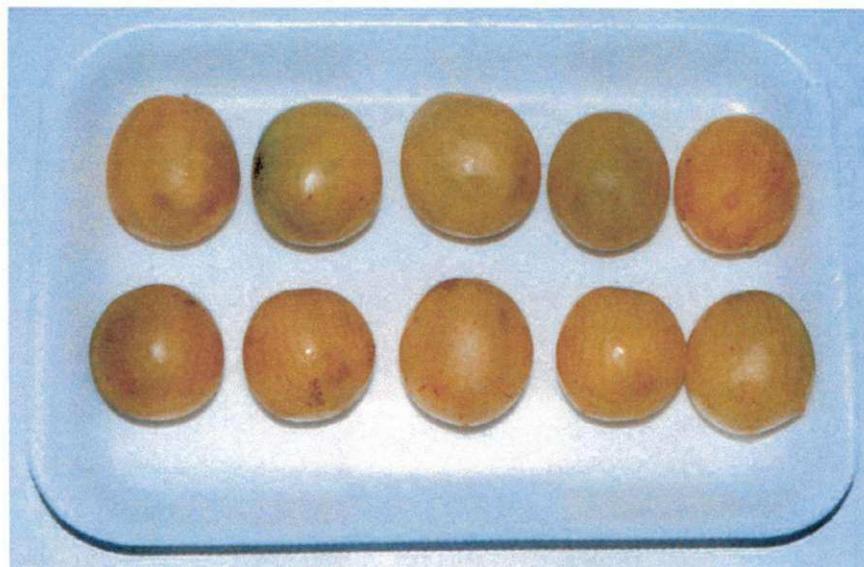


FIGURA 8 – Umbu maduro utilizado no experimento.

3.2. Processamento para obtenção da polpa de umbu

Logo após a colheita, os umbus foram acondicionados em caixas plásticas, adequadamente, transportadas para Campina Grande, e enviadas ao Laboratório de Armazenamento onde foram processados.

O fluxograma das fases utilizadas no processo de obtenção da polpa de umbu maduro, é mostrado na (Figura 9).

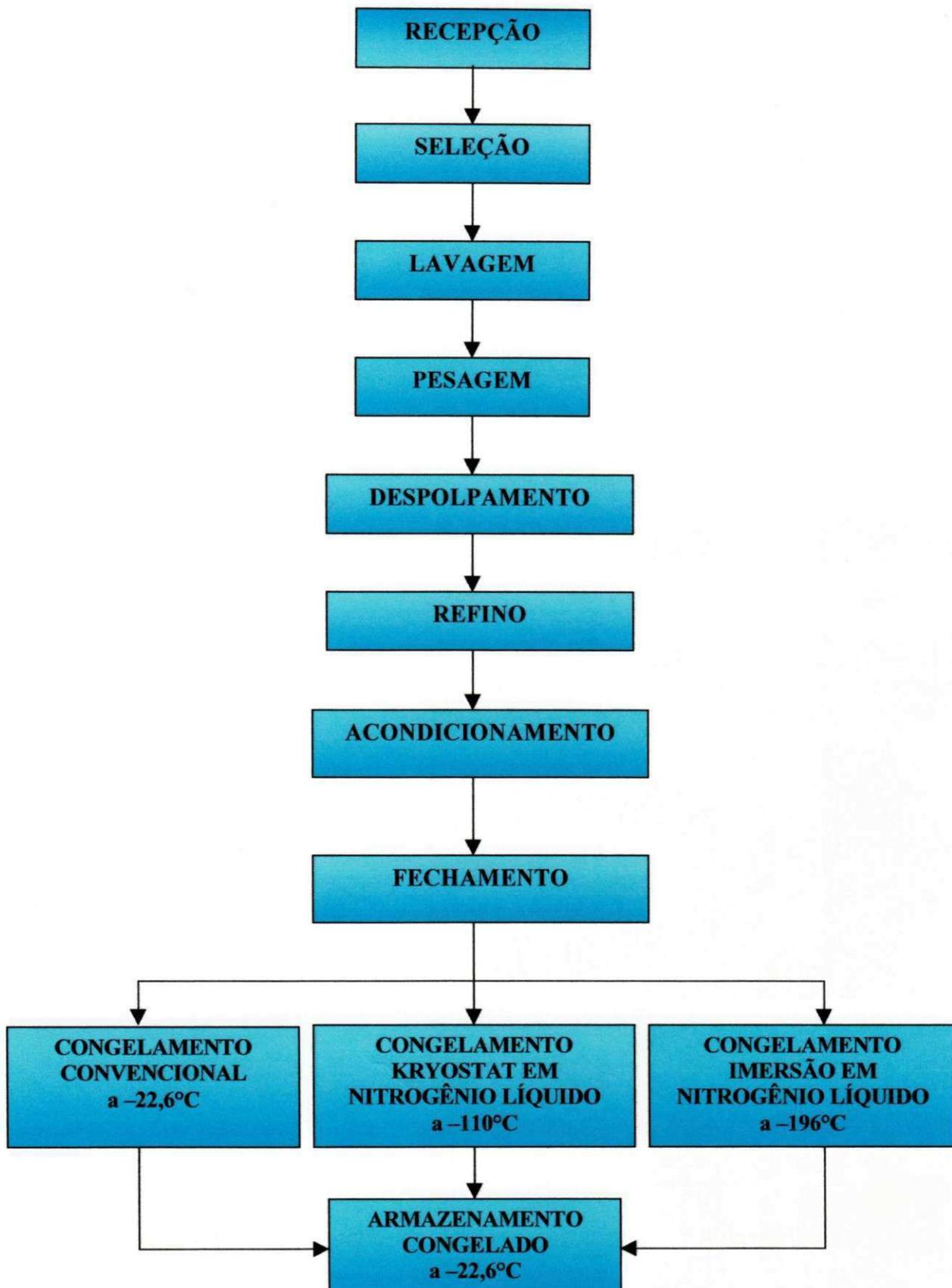


FIGURA 9 – Fluxograma das operações realizadas para obtenção da polpa de umbu congelada.

Os frutos maduros provenientes do Município de Pocinhos – PB, foram recebidos em caixas plásticas na sala de processamento.

Foi realizada uma seleção das frutas de maneira manual com o objetivo de eliminar frutos verdes e estragados.

Logo após a seleção dos umbus os frutos foram lavados em água potável de forma manual por imersão em recipiente plástico contendo solução de hipoclorito de sódio com concentração de 10 ppm, ficando imersos na solução durante 10 minutos, seguida de lavagem em água corrente. Depois de lavados, os frutos foram postos a secar em ambiente natural, antes do despulpamento.

Antes do despulpamento os frutos foram pesados e realizado anotações, para obter-se o rendimento a partir da diferença entre o peso dos frutos e o somatório dos pesos da casca e sementes.

A operação de despulpa foi realizada em despulpadeira horizontal da marca LABOREMUS construída em AÇO INOX Modelo DF-200 motor elétrico de 2.0 CV, com capacidade aproximada de 400 kg por hora, com peneira de malha 2,5 mm. Foram desintegrados os frutos, separando a polpa das cascas e sementes.

Para obtenção de uma granulometria adequada, o refinamento da polpa, foi feito na mesma despulpadeira utilizada na etapa anterior, porém utilizando-se uma peneira com malha de 1 mm de diâmetro. Em seguida, a polpa de umbu foi acondicionada em embalagem de polietileno de baixa densidade de espessura de 0,0025 mm com dimensões 16 cm de comprimento e 4,5 cm de largura com capacidade aproximada para de 50g de polpa (Figura 10).



FIGURA 10 – Embalagem de polietileno.

O fechamento dos sacos plásticos foi realizado em seladora da Marca R. BAIÃO-SELAMULT – Barra quente.

3.3. Cinética de congelamento

As curvas de congelamento da polpa de umbu maduro foram obtidas introduzindo-se um termopar no centro da embalagem de polpa de umbu. Na extremidade do termopar foi acoplado um arame para evitar que o mesmo ficasse em contato com as paredes da embalagem, mantendo-se na posição central, o orifício aberto para a introdução do termopar foi vedado com cola de silicone. Foram colocados 50g de polpa em cada embalagem, selando-se em seguida. Em todos os métodos de congelamento a embalagem com o produto foram mantidos na posição horizontal, considerando a posição de uma placa plana de 7,92, 19,96 e 6,48mm de espessura.

As curvas de congelamento da polpa de umbu foram obtidas para três temperaturas ($-22,6^{\circ}\text{C}$, -110°C e -196°C) em função do tempo.

3.3.1. Tratamento dos dados

Os coeficientes da equação (2) foram obtidos utilizando-se o programa STATISTICA, versão 5.0, colocando os dados de Razão de temperatura em função do tempo e realizando-se uma análise de regressão não linear.

As curvas de congelamento da polpa de umbu foram divididas em três partes acompanhando-se as fases do congelamento da polpa (resfriamento, congelamento e pós-congelamento).

3.4. Métodos de congelamento inicial

3.4.1. Congelamento em freezer convencional ($-22,6^{\circ}\text{C}$)

Depois das polpas de umbu embaladas, o congelamento a $-22,6^{\circ}\text{C}$ foi realizado diretamente no freezer doméstico horizontal da Marca CONSUL – 220 L, foram congelados 6 kg de polpa subdividida em lotes de 500g, cada lote com 10 sacos de 50g. A temperatura do freezer foi monitorada por outro termopar instalado próximo a polpa em questão. As leituras foram realizadas a cada 5 minutos até que existisse a estabilização da temperatura da polpa com a temperatura do freezer.

3.4.2. Congelamento a temperatura de -110°C

Esta operação foi realizada com a colocação de 10 sacos de 50g de polpa de umbu no aparelho kryostat Tipo N – 180 (Figura 11), à uma temperatura de -110°C . Foi congelado 6 kg de polpa subdividida em lotes de 500g. A temperatura da polpa foi monitorada por um termopar colocado no centro da embalagem. As leituras foram realizadas a cada 1 minuto, até a estabilização da temperatura.



FIGURA 11 – Kryostat tipo N – 180.

3.4.3. Congelamento por imersão em nitrogênio líquido a -196°C

No congelamento por imersão utilizou-se uma caixa metálica provida de tampa com dimensões de 18,3 cm de comprimento e 18,3 cm de largura por 19 cm de altura, isolada com isopor de 45 mm de espessura revestido de alumínio de 1 mm de espessura (Figura 12). Para esta operação, colocou-se aproximadamente 1.500g de nitrogênio líquido no recipiente, em seguida, com o auxílio de um cesto de tela de arame galvanizado com dimensões de 17,5 cm de comprimento e 17,5 cm de largura por 10 cm altura, (Figura 12), imergiu-se 500g de polpa no nitrogênio líquido contido na caixa metálica, a uma temperatura de -196°C . Foi congelado 6 kg de polpa subdividida em lotes de 500g, cada lote com 10 sacos de 50g. O termopar foi fixado na parede do cesto para que não mudasse de posição. Foram realizadas as leituras antes e após a imersão da polpa a cada 5 segundos, até a estabilização da temperatura.

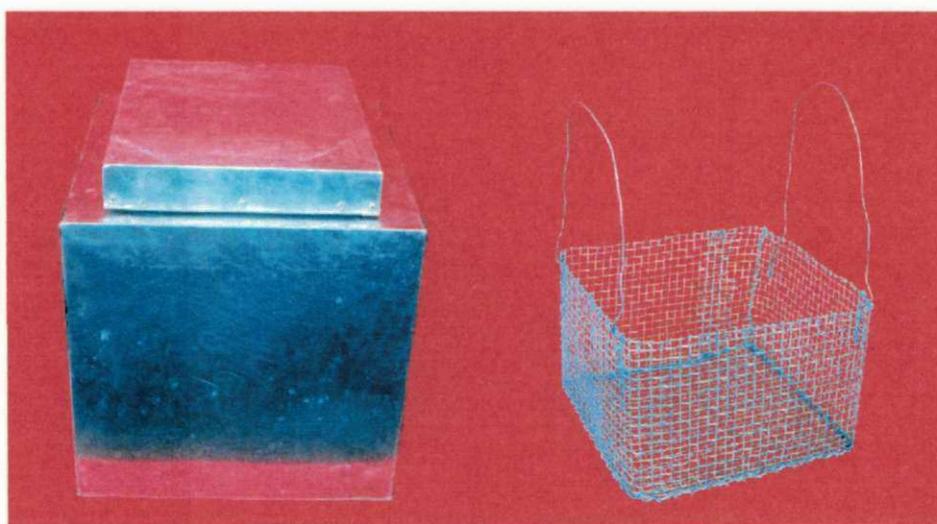


FIGURA 12 – Caixa metálica e cesto de tela de arame galvanizado.

3.5. Armazenamento refrigerado

Após o congelamento em freezer convencional, kryostat e por imersão em nitrogênio líquido, o armazenamento das polpas foi realizado em freezer doméstico com temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, durante 180 dias.

3.6. Caracterização física do umbu “in natura”

OPPB / BIBLIOTECA / PRAI

3.6.1. Massa (g)

A massa dos frutos, foram determinados com auxílio de balança analítica de Marca OHAUS com precisão de 0,0001 gramas.

3.6.2. Diâmetro (mm)

As medidas do diâmetro maior e do diâmetro menor dos trinta frutos coletados ao acaso, foram realizadas com auxílio de um paquímetro metálico MUTITOYO com precisão de 0,02mm.

3.6.3. Volume (cm³)

O volume dos frutos foi determinado por imersão em água destilada contida em proveta graduada de 100 cm³ com precisão 1 cm³, através da diferença de altura da coluna líquida após a imersão.

3.6.4. Massa específica

A massa específica (M) dos frutos foi determinada pela a razão entre a sua massa e o seu volume, sendo dado em g/cm³.

$$M = \frac{\text{massa(g)}}{\text{volume(cm}^3\text{)}}$$

3.7. Análises físico-químicas da polpa de umbu

3.7.1. Determinação do ácido ascórbico (vitamina C)

Ácido ascórbico foi determinado segundo o método nº 43.065 da A.O.A.C. (1984) modificado por BENASSI (1990) que baseia-se na redução do 2,6-diclorofenol indofenol-sódico (DCFI) pelo ácido ascórbico.

Pesou-se 10g da amostra em um becker de 50 ml, adicionou-se cerca de 30 ml de água destilada e agitou-se com um bastão de vidro, transferiu-se a amostra para um balão volumétrico de 250 ml, completou-se o volume do balão com água destilada. Retirou-se uma alíquota de 10 ml da amostra e transferiu-se para um erlenmeyer de 250 ml, adicionou-se 50 ml de ácido oxálico a 1%. Com uma bureta de 50 ml contendo 2,6-diclorofenol indofenol-sódico (DCFI) titulou-se até conseguir uma coloração rosa persistente durante 15 segundos, anotou-se o volume gasto.

a) Solução padrão de ácido ascórbico

Foi preparada uma solução de ácido ascórbico a 0,1% em solução de ácido oxálico a 0,1%. Pesou-se 0,0500g de ácido ascórbico e transferiu-se para um balão volumétrico de 100 ml, adicionou-se solução de ácido oxálico a 0,1% até próximo o limite do balão e completou-se com água destilada.

Pipetou-se uma alíquota de 5 ml da solução-padrão de ácido ascórbico, transferiu-se para erlenmeyer de 250 ml contendo 50 ml da solução de ácido oxálico e titulou-se com solução de DCFI até coloração rosa persistente durante 15 segundos, anotou-se o volume gasto.

Os resultados, expressos em mg de ácido ascórbico/100g, foram calculados pela fórmula.

$$\text{mg ácido ascórbico/100ml de amostra} = \frac{VXF \times 100}{A}$$

onde: A = ml da amostra utilizados,

V= volume da solução DCFI utilizada para titular amostra

F = fator da solução de Tillmans

3.7.2. Determinação da acidez titulável total

Foi determinada segundo o método da A.O.A.C. (1984), nº 22.038.

Pesou-se 10g da amostra em erlenmeyer de 250ml, que foram diluídas em 90ml de água destilada. Titulou-se com solução NaOH de (hidróxido de sódio), 0,1%N utilizando-se duas gotas de fenolftaleína como indicador, até conseguir viragem para uma coloração rosa persistente durante 15 segundos, e anotou-se o volume gasto.

Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico obtidos pela seguinte equação.

$$\text{Acidez (\% ácido cítrico)} = \frac{\text{ml de NaOH} \times N \times 64 \times 100}{g - da - amostra \times 100}$$

onde:

N = normalidade de solução de NaOH

64 = equivalente-grama de ácido cítrico

3.7.3. Determinação de cinzas

Foi determinada utilizando-se o método descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

Pesou-se 10g da amostra em cadinho de porcelana previamente tarado, em seguida levado à carbonização direta em placa aquecedora. Após a carbonização, a amostra foi submetida à incineração, em mufla à temperatura de 550°C, até apresentar-se totalmente branca ou acinzentada. O cadinho, contendo o material, foi transferido para um dessecador, onde foi resfriado e pesado. As operações de aquecimento e resfriamento foram efetuadas até peso constante. O teor de cinza da amostra foi obtido pela diferença entre o peso líquido e o peso bruto do cadinho após, incineração, relacionando-se o resultado para 100g.

3.7.4. Determinação dos açúcares redutores e totais

Para a determinação dos açúcares redutores e totais foram utilizados os métodos de Eynon – Lane (RANGANNA, 1977).

a) açúcares redutores (solução a)

Pesou-se 10 gramas da amostra em um becker de 150 ml, adicionou-se 50 ml de água destilada, agitou-se com um bastão de vidro, deixando o bastão dentro do béquer. Verificou-se o pH da solução da amostra no pHmetro, e neutralizou-se até pH 7,0 adicionando-se NaOH 0,1N, agitando-se com um bastão após cada adição. Após a neutralização a solução do becker foi

transferida para um balão volumétrico de 250 ml. Para fazer a clarificação da amostra juntou-se volumes iguais de ferrocianeto de potássio 0,25M e acetato de zinco 1M, 10 ml de cada, completou-se o balão com água destilada, filtrando-se em seguida com papel de filtro seco para um erlenmeyer de 25 ml. Determinou-se açúcares redutores neste filtrado, chamado de solução a.

Em erlenmeyer de 250 ml adicionou-se 5 ml de licor de Fehling e juntou-se igual volume de água destilada. Em placa aquecedora, aqueceu-se à ebulição, adicionou-se 2 gotas de azul de metileno a 0,2% para melhorar a visualização. Gotejou-se a solução contida na bureta até quando a solução sobrenadante ficou totalmente incolor (formação de um precipitado vermelho tijolo).

Os resultados foram expressos em percentagem de glicose por 100 ml de amostra, de acordo com a equação abaixo.

$$\text{Açúcares redutores (\%)} = \frac{F \times DIL \times 100}{V}$$

onde:

F – fator de equivalência do licor de Fehling

DIL – diluição da amostra

V – volume gasto na titulação

b) açúcares totais (**solução b**)

Para a determinação dos açúcares totais (Solução b), retirou-se uma alíquota de 50 ml da solução a, e transferiu-se para um balão volumétrico de 100 ml. Adicionou-se 5 ml de ácido clorídrico concentrado com uma proveta de 5 ml. Aqueceu-se em banho-maria a 68-70°C, por 10 minutos mantendo esta temperatura. Esfriou-se o balão em um recipiente de plástico contendo água gelada, em seguida colocou-se um pedaço pequeno de papel indicador vermelho congo na solução dentro do balão, neutralizou-se com hidróxido de sódio até o papel indicador mudar a cor, de vermelho para o roxo, completando-se o volume com água destilada. Transferiu-se a solução para a bureta de 50 ml e procedeu-se como descrito para açúcares redutores.

Anotou-se o volume gasto e calculou-se a percentagem de açúcares totais de acordo com a equação abaixo.

$$\text{Açúcares totais (\%)} = \frac{F \times DIL \times 100}{V}$$

onde:

F = fator de equivalência do licor de Felhing

DIL = diluição da amostra

V = volume gasto na titulação

3.7.5. Açúcares não redutores

O teor de açúcares não redutores foram obtidos pela diferença entre os açúcares totais e redutores. Os resultados foram expressos em percentagem de sacarose (p/p).

$$\text{Açúcares não redutores (\% sacarose)} = (\text{Açúcares totais} - \text{Açúcares redutores}) \times 0,95$$

3.7.6. Determinação dos sólidos solúveis (°Brix)

O Brix foi determinado por leitura direta através de um refratômetro manual de marca ATAGO, colocando-se uma gota da polpa no prisma obtendo-se a leitura com correção de temperatura, utilizando tabela proposta pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.7.7. Determinação do pH

O pH foi determinado pelo método Potenciométrico em potenciômetro de marca DIGIMED, tipo DMPH-2, com calibração feita com soluções tampão de (pH-4,0 e 7,0) a 20°C. Imergiu-se o eletrodo no becker contendo a amostra, obtendo-se a leitura direta. Expressando o resultado em unidade de pH.

3.7.8. Determinação da umidade

Determinou-se conforme o método recomendado pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

Pesou-se 10g da amostra em cápsula de porcelana previamente tarada e, em seguida, conduziu-se à estufa a 70°C, onde o material foi dessecado até peso constante. Relacionou-se a perda de peso para 100g da amostra.

3.8. Análise sensorial

A avaliação sensorial foi realizada no setor de análise químicas de alimento do Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas. Departamento de Engenharia Agrícola da UFPB – Campus II.

Os provadores foram, inicialmente, esclarecidos sobre o objetivo do estudo em questão e sobre os atributos de aparência, cor, odor e sabor da polpa e do suco de umbu.

A avaliação sensorial foi realizada aplicando-se o teste de preferência com sucos elaborados com 27,5% de polpa, 10,5% de açúcar e 62% de água mineral, obtendo-se um produto com 12 °Brix, utilizando as polpas processadas nas condições já mencionadas.

Provadores não treinados, em número de 30, de ambos os sexos, na faixa etária entre 19 e 48 anos, receberam amostras de 30 ml aproximadamente, em copinhos de plástico descartáveis de 100 ml, codificados com número de 3 dígitos (Figura 13), a uma temperatura entre 10 a 15°C. As amostras foram servidas em cabines individuais para avaliação do sabor (Figura 14). As avaliações foram realizadas a cada 30 dias, sempre no mesmo horário (a partir das 9:00 horas) durante 6 meses.

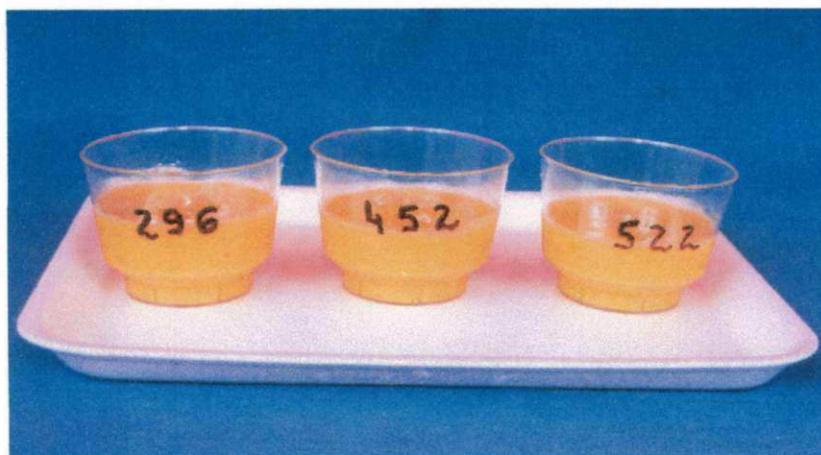


FIGURA 13 – Amostras da polpa de umbu.



FIGURA 14 – Cabines individuais para avaliação da polpa e do suco de umbu.

A polpa, também foi avaliada sensorialmente, tendo-se seguido os mesmos procedimentos da avaliação sensorial do suco. Sendo avaliado os atributos de aparência, cor e odor.

A análise sensorial do suco e da polpa de umbu, foi realizada através de escala hedônica de 9 pontos para avaliação de preferência de sabor, aparência, cor e odor, onde foram utilizadas as expressões desgostei muitíssimo e gostei muitíssimo nas extremidades (Figura 15 e 16).

PROVADOR: _____

DATA: ____ / ____ / ____

Você está recebendo três amostras de suco de umbu. Avalie cuidadosamente o **sabor** de cada uma delas. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou.

1 – Desgostei muitíssimo
 2 – Desgostei muito
 3 – Desgostei regularmente
 4 – Desgostei ligeiramente
 5 – Indiferente
 6 – Gostei ligeiramente
 7 – Gostei regularmente
 8 – Gostei muito
 9 – Gostei muitíssimo

Atributo	Amostra cód. 524	Amostra cód. 392	Amostra cód. 425
Sabor			

Comentários: _____

FIGURA 15 – Ficha para avaliação sensorial do sabor do suco de umbu.

PROVADOR: _____

DATA: ____ / ____ / ____

Você está recebendo 3 amostras de polpa de umbu. Avalie cada uma delas cuidadosamente nos atributos **aparência, cor e odor**. Utilize a escala abaixo para demonstrar o quanto você gostou ou desgostou.

1 – Desgostei muitíssimo
 2 – Desgostei muito
 3 – Desgostei regularmente
 4 – Desgostei ligeiramente
 5 - Indiferente
 6 – Desgostei ligeiramente
 7 – Desgostei regularmente
 8 – Gostei muito
 9 – Gostei muitíssimo

Atributo	Amostra cód. 296	Amostra cód. 452	Amostra cód. 522
Aparência			
Cor			
Odor			

Comentários: _____

FIGURA 16 – Ficha para avaliação sensorial da aparência, cor e odor da polpa de umbu.

O objetivo da análise sensorial foi fazer um acompanhamento sensorial envolvendo análise de sabor, visual e olfativo das amostras em estudo durante 180 dias, verificando qual tratamento foi mais aceito ao final desse período.

3.9. Análise Estatística

Todos os resultados foram analisados visando identificar o tratamento com o melhor desempenho na conservação das características iniciais do produto. O experimento foi conduzido segundo o delineamento fatorial, inteiramente casualizado para 3 tratamentos e 7 períodos de tempo.

Os resultados foram processados pelo programa ASSISTAT, Versão 6.1, onde obteve-se a análise de variância e a comparação entre médias (teste de Tukey). As variáveis ácido ascórbico, açúcares redutores, não redutores, totais e pH, não foram analisadas, por apresentarem variabilidade nula em cada nível de período tratamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física do umbu “in natura”

As médias físicas efetuadas em 30 frutos de umbu, tais como: massa do fruto, diâmetro maior, diâmetro menor, volume e massa específica, estão na Tabela 11.

4.1.1. Massa (g)

Comparando a massa obtida dos 30 frutos Tabela 11, observa-se uma variação de 17,18g a 24,82g com uma média de 20,85g, se apresentando superior ao encontrado pela SUDENE (1970), 20,0g, GRANJA (1985) 18,26g e o estudado por BISPO (1989) 16,92g, e inferior ao encontrado por QUEIROZ (1994) que foi de 23,78g.

4.1.2. Diâmetro maior (mm)

Obteve-se para o diâmetro maior uma variação de 30,08mm a 35,98mm com uma média de 32,87mm, inferior as médias atribuídas pela SUDENE (1970) e por QUEIROZ (1994) que obtiveram para o diâmetro maior, valores de 40,0mm e 36,0mm, respectivamente. ALMEIDA (1999) caracterizando frutos semi-maduros e maduros do umbuzeiro, obteve para o diâmetro maior valores de 32,21mm e 31,39mm, respectivamente.

4.1.3. Diâmetro menor (mm)

O diâmetro menor obtido variou de 28,12mm a 33,40mm com uma média de 30,96mm. Estes valores estão próximos aos obtidos pela SUDENE (1970), BISPO (1989) e QUEIROZ (1994) obtiveram para o diâmetro menor valores de 30,0; 29,6 e 32,0mm, respectivamente, e um pouco inferiores aos obtidos por ALMEIDA (1999) que foi de 28,32mm e 27,81mm, para os umbus semi-maduros e maduros.

4.1.4. Volume (cm³)

O volume obtido variou de 15cm³ a 25cm³ com uma média de 20,56cm³. BISPO (1989), QUEIROZ (1994) determinaram o volume do umbu semi-maduro e obtiveram valores de

18,21cm³ e 22cm³, e ALMEIDA (1999) obteve valores médios dos frutos semi-maduros e maduros de 15,66cm³ e 13,95cm³, respectivamente.

4.1.5. Massa específica (g/cm³)

O valor médio da massa específica dos trinta frutos de umbu maduro foi de 1,0156g/cm³. Esse valor é inferior ao encontrado por QUEIROZ (1994) 1,06g/cm³ e ALMEIDA (1999) que obteve para umbus semi-maduros e maduros valores de 1,063g/cm³ e 1,066g/cm³, respectivamente, e superior ao de BISPO (1989) que foi de 0,923g/cm³.

TABELA 11 – Médias físicas obtidas de 30 frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) escolhidos aleatoriamente.

Amostra	Massa (g)	Diâmetro maior (mm)	Diâmetro menor (mm)	Volume (cm ³)	Massa específica (g/cm ³)
1	17,46	31,34	29,06	18	0,9700
2	23,06	32,80	32,80	20	1,1530
3	20,93	33,98	30,42	20	1,0465
4	23,44	35,14	32,36	23	1,0194
5	23,87	32,98	33,40	23	1,0378
6	23,33	33,58	32,94	23	1,0147
7	18,05	31,96	29,92	18	1,0027
8	20,58	33,98	30,68	21	0,9800
9	17,18	31,58	28,38	18	0,9544
10	23,37	35,98	32,14	22	1,0625
11	22,59	33,58	31,98	20	1,1295
12	22,01	32,76	31,72	22	1,0004
13	19,06	31,76	30,32	18	1,0588
14	21,07	32,54	31,34	23	0,9435
15	22,37	34,24	31,96	23	0,9728
16	24,82	34,64	32,48	25	0,9929
17	24,30	35,44	32,14	24	1,0129
18	21,85	33,18	31,58	22	0,9931
19	17,58	33,18	28,68	17	1,0341
20	24,05	32,50	32,58	25	0,9620
21	17,18	31,24	28,52	16	1,0737
22	23,53	34,34	32,98	24	0,9807
23	18,51	31,38	29,36	19	0,9744
24	23,07	32,14	32,14	23	1,0033
25	15,56	30,88	27,58	15	1,0373
26	17,33	30,08	29,84	18	0,9631
27	17,69	31,08	28,12	18	0,9828

Continuação da Tabela 11

28	20,60	32,46	30,84	20	1,0300
29	21,86	34,88	30,56	20	1,0930
30	18,78	30,74	29,44	19	0,9885
Total	625,71	986,36	928,80	617	30,4690
Médias	20,85	32,87	30,96	20,56	1,0156
C.V. %	12,99	4,65	5,39	13,25	4,97

4.2. Rendimento do processamento de polpa

Na Tabela 12, encontram-se os valores da massa e os percentuais de polpa de umbu, resíduo (cascas + sementes) e perdas durante o processamento.

O rendimento obtido no processamento da polpa foi de 71,74%, esse valor mostrou-se inferior à percentagem encontrada pela SUDENE (1970) de 73,0%, e superior ao valor obtido por BISPO (1989) de 57,14%. Segundo PANTASTICO (1975) o rendimento é um fator muito variável, dependendo de técnicas culturais inadequadas ou de fatores que reduzem o tamanho e qualidade do fruto como: irrigação inadequada, idade da árvore e nutrição mineral. O mesmo autor esclarece que elevados teores de magnésio, potássio e zinco induzem a um aumento de peso, enquanto que altos teores de nitrogênio e fósforo provocam uma diminuição.

TABELA 12 – Rendimento, em laboratório, das partes constituintes do fruto maduro do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara).

Partes constituintes	Massa (kg)	Percentual (%)
Fruto	46,0	100,00
Polpa	33,0	71,74
Resíduo (cascas + sementes)	12,0	26,09
Perda	1,0	2,17

As análises físico-químicas de ácido ascórbico, acidez titulável, cinzas, açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais, sólidos solúveis, pH e umidade, feitas após a extração da polpa encontra-se na Tabela 13. Os valores encontrados nessa tabela são as médias de três repetições.

Os comentários a respeito dessa tabela, serão realizados quando da análise de cada item dos parâmetros físico-químicos, exceto para cinzas e umidade.

TABELA 13 – Características físico-químicas da polpa de umbu maduro após extração.

DETERMINAÇÕES	RESULTADOS
Ácido ascórbico (mg/100g)	13,31
Acidez titulável total (ácido cítrico %)	1,45
Cinzas (%)	0,53
Açúcares redutores (%glicose)	3,61
Açúcares não redutores (%)	2,50
Açúcares totais (%)	6,25
Sólidos solúveis (°Brix)	10,03
pH	2,21
Umidade (%)	91,33

4.3. Cinética de congelamento

Os dados experimentais e calculados da razão de temperatura em função do período de tempo, e da temperatura em função do período de tempo, para a polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento, convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat refrigerado com nitrogênio líquido a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C encontram-se nos Anexos A, B, C, nas Tabelas A1, B1, C1, respectivamente. Nas Figuras 17, 18, 19, estão representadas a cinética de congelamento para cada tratamento baseando-se nos dados das tabelas.

A cinética de congelamento da Figura 17, mostrou claramente as três fases pelas quais

um líquido passa ao ser congelado. A fase 1 (resfriamento) teve uma duração de aproximadamente 1.200 segundos, durante esse tempo a temperatura baixou de 18,2 para $-0,5^{\circ}\text{C}$ início da cristalização. Na fase 2 (cristalização), a temperatura baixou de $-0,5$ para $-0,8^{\circ}\text{C}$ durante o tempo de 3.000 segundos, e na fase 3 (pós-congelamento) a temperatura baixou de $-0,8^{\circ}\text{C}$ para $-18,9^{\circ}\text{C}$ sendo esta fase de aproximadamente 10.200 segundos, que foi bem mais lenta que a primeira e segunda fase. Este fato pode ser explicado depois da completa solidificação, a redução da temperatura em 1°C exigirá 0,5 kcal/kg até que se atinja a temperatura de equilíbrio entre a temperatura da superfície e a temperatura do centro térmico. Os coeficientes de difusão para as fases 1, 2 e 3, Tabela 14, foram: $6,088 \times 10^{-6}$, $1,82 \times 10^{-5}$ e $2,242 \times 10^{-4}$, respectivamente e considerando as fases 1 e 3 a difusividade efetiva média da polpa de umbu, foi de $0,443 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

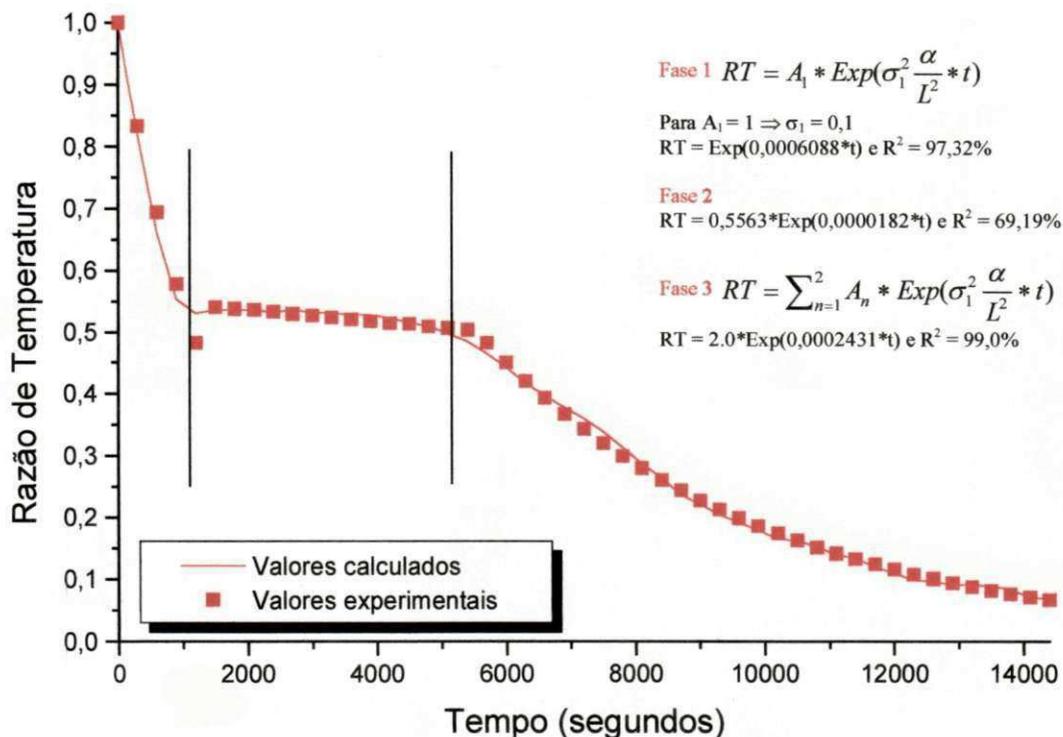


FIGURA 17 – Cinética de congelamento da polpa de umbu maduro, a $-22,6^{\circ}\text{C}$ para uma amostra de 7,92mm de espessura.

O valor obtido para a polpa da umbu está próximo aos encontrados por KASAHARA *et al.* (1986) que foi de $0,179 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para a polpa de mamão e de $0,209 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para a polpa de

chirimoya quando trabalhou com essas polpas a temperatura abaixo do ponto de congelamento (-33°C).

Na Figura 18, observa-se as três fases do processo de congelamento da polpa de umbu maduro a -110°C usando um aparelho kryostat refrigerado com nitrogênio líquido. A fase 1 de resfriamento ocorreu em 840 segundos e durante esse período de tempo, a temperatura baixou de 27,7 para $0,0^{\circ}\text{C}$. Na fase 2 de congelamento a temperatura baixou de $0,0$ para $-13,5^{\circ}\text{C}$ durante 600 segundos aproximadamente e a fase de pós-congelamento (fase 3) durou aproximadamente 3.120 segundos, onde a temperatura baixou de $-13,5^{\circ}\text{C}$ para -110°C . Os coeficientes de difusão para as fases 1, 2, e 3, foram: $3,375 \times 10^{-4}$, $2,212 \times 10^{-3}$ e $1,67 \times 10^{-3}$, respectivamente e a difusividade efetiva média considerando as fases 1 e 3 foi de $16,13 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. Este valor é bem superior ao obtido a temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, contudo há que considerar-se que as diferenças entre as temperaturas estão próximas de 87°C e segundo CHERNEEVA (1956) a difusividade aumenta com a diminuição da temperatura.

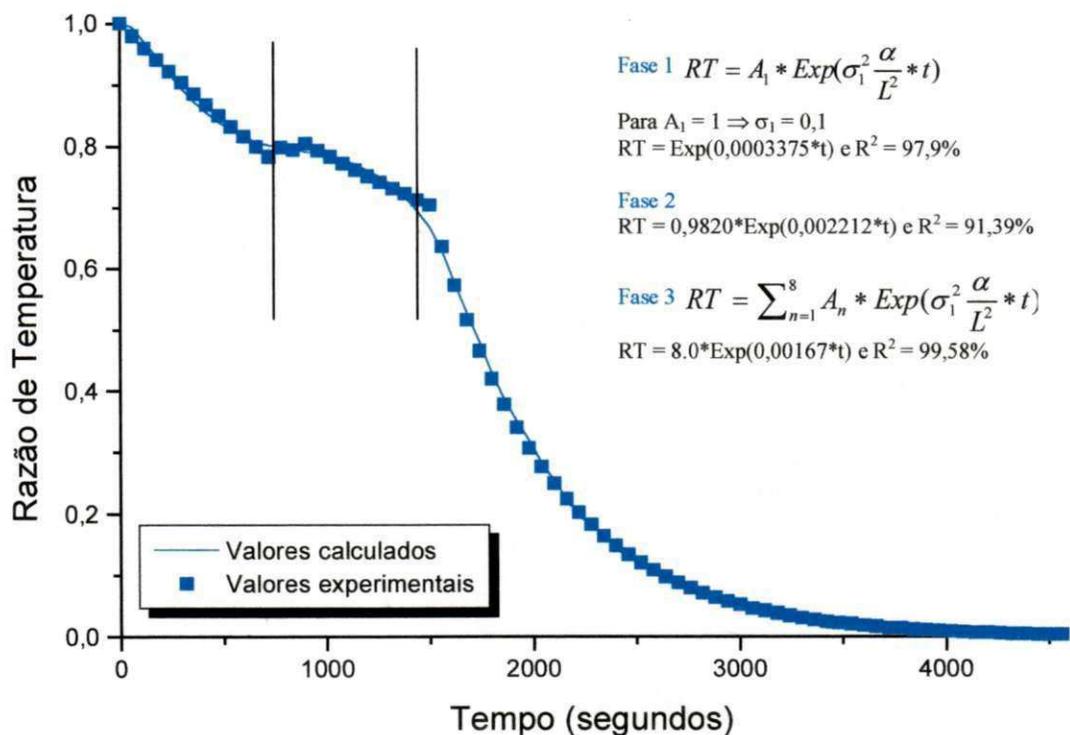


FIGURA 18 – Cinética de congelamento da polpa de umbu maduro, em kryostat refrigerado a nitrogênio líquido a -110°C , para uma amostra de 19,96mm de espessura.

A cinética de congelamento da polpa de umbu maduro por imersão em nitrogênio líquido a -196°C encontra-se na Figura 19, onde pode-se observar as três fases do processo de congelamento. Nessa figura observa-se que as 3 fases do processo de congelamento são muito rápidas. A fase de resfriamento foi de aproximadamente 70 segundos, onde a temperatura baixou de 28,7 para $-0,2^{\circ}\text{C}$. A fase de congelamento (fase 2), foi de aproximadamente 20 segundos, onde houve uma queda mais brusca de temperatura de $-0,2$ para $-18,8^{\circ}\text{C}$. A fase de pós-congelamento durou 235 segundos, baixando a temperatura de $-18,8$ para $-195,0^{\circ}\text{C}$. Na Tabela 14, estão os coeficientes de difusão para as três fases (1, 2, 3) que foram de: $1,6 \times 10^{-3}$, $4,798 \times 10^{-3}$ e $2,927 \times 10^{-2}$, respectivamente e a difusividade efetiva média obtida para a polpa de umbu, foi de $24,21 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, considerando-se as fases 1 e 3.

Observa-se que a difusividade efetiva média da polpa de umbu congelada a -196°C é 50% maior que a congelada a -110°C este fato reforça a afirmação feita por CHERNEEVA (1986) que quanto menor a temperatura de resfriamento maior é a difusividade térmica.

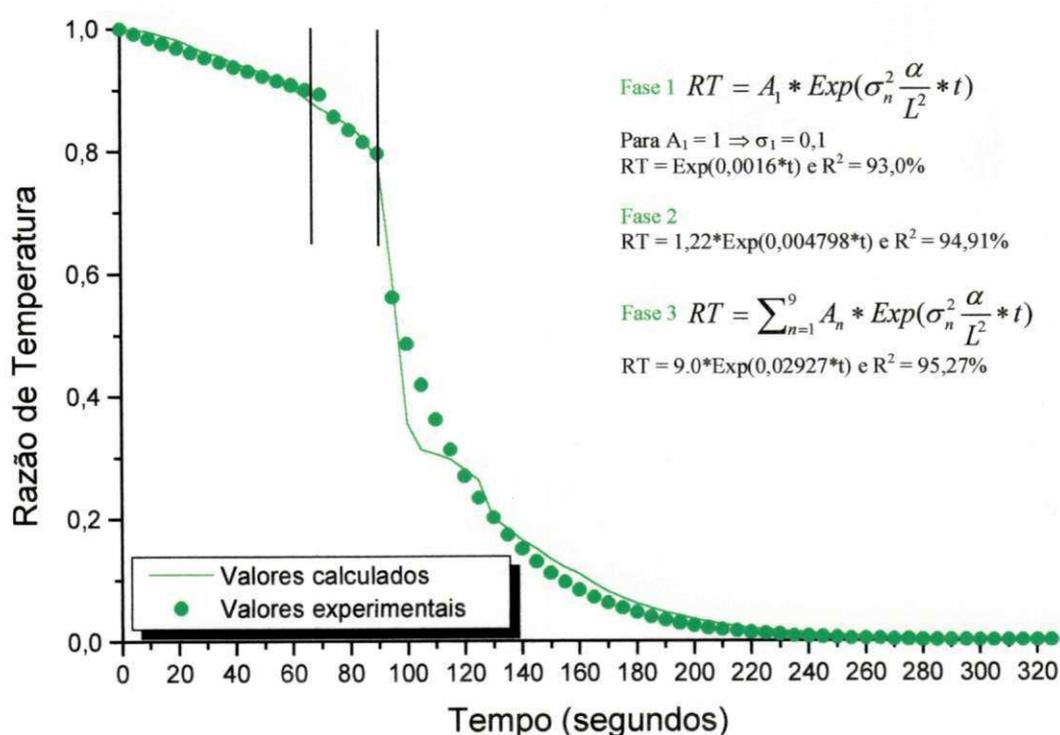


FIGURA 19 – Cinética de congelamento da polpa de umbu maduro, por imersão em nitrogênio líquido a -196°C , para uma amostra de 6,48mm de espessura.

Os valores calculados para os coeficientes de difusão, difusividade efetiva $A_1=1$ e difusividade efetiva média para os três métodos de congelamento, em suas fases, encontram-se na Tabela 14.

TABELA 14 – Valores dos coeficientes de difusão, difusividade efetiva $A_1=1$ e difusividade efetiva média para polpa de umbu maduro para as três fases do congelamento, quando a polpa é submetida ao congelamento a $-22,6^\circ\text{C}$ em freezer convencional, a -110°C no aparelho refrigerado a nitrogênio líquido e a -196°C por imersão em nitrogênio líquido.

Convencional a $-22,6^\circ\text{C}$				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão	Difusividade efetiva $A_1=1$	Difusividade efetiva média
1	3,96	$6,088 \times 10^{-4}$	$0,95 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
2	3,96	$1,82 \times 10^{-5}$	-	-
3	3,96	$2,242 \times 10^{-4}$	$0,35 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$0,443 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Kryostat a -110°C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão	Difusividade efetiva $A_1=1$	Difusividade efetiva média
1	9,98	$3,375 \times 10^{-4}$	$3,36 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
2	9,98	$2,212 \times 10^{-5}$	-	-
3	9,98	$1,67 \times 10^{-2}$	$16,64 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$16,13 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
Imersão em nitrogênio líquido a -196°C				
Fases	L/2 (mm)	Coefficiente de difusão	Difusividade efetiva $A_1=1$	Difusividade efetiva média
1	3,24	$1,6 \times 10^{-3}$	$1,68 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	-
2	3,24	$4,798 \times 10^{-3}$	-	-
3	3,24	$2,927 \times 10^{-2}$	$30,72 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$	$24,21 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Fase 1 – Resfriamento; Fase 2 – Cristalização; Fase 3 – Pós-congelamento

4.4. Alterações físico-químicas da polpa de umbu durante o armazenamento frigorificado

4.4.1. Ácido ascórbico

O valor médio do teor de ácido ascórbico da polpa “in natura” do umbu maduro, foi de 13,31 mg/100g (Tabela 13), divergindo do valor encontrado por SOUZA e CATÃO (1970) que foi de 31,22 mg/100g. Este último valor provavelmente encontrado em umbu verde, e GRANJA (1985) que foi de 16,54 mg/100g. O valor encontrado neste trabalho é superior aos encontrados por GUIMARÃES e PECHNIK (1956) 1,0 mg/100g, CHAVES *et al.* (1971) 1,82 mg/100g, e

BISPO (1989) 9,61 mg/100g, porém comparável com o valor encontrado por FRANCO (1998) 13,50 mg/100g.

Na Figura 20, encontram-se as determinações do ácido ascórbico da polpa de umbu submetida a três métodos de congelamento inicial, freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C , respectivamente, realizadas durante o período de 180 dias de armazenamento a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$. As linhas observadas nessa figura apenas indicam uma tendência do comportamento do ácido ascórbico durante o armazenamento frigorificado. Em todos os tratamentos o ácido ascórbico sofreu uma pequena diminuição quando se compara a polpa obtida logo após o processamento, no entanto para o congelamento com a polpa, permanece praticamente constante durante o período de armazenagem. Essas perdas foram em torno de 9% nos três tratamentos com 180 dias de armazenagem. No Anexo D, Tabela D1, observa-se que as diferenças entre as médias foram muito pequenas, considerando-se não significativas, pela pequena variabilidade dos dados.

De acordo com Gregory citado por TIBA (1996), as perdas de vitamina C ocorrem por ser o ácido ascórbico muito instável, que pode ser degradado por diversos mecanismos em condições aeróbicas ou anaeróbicas em frutas e hortaliças. Segundo Griswold citado por BISPO (1989), durante o armazenamento, as perdas são pequenas em temperaturas não muito acima do ponto de congelamento, aumentando com o aumento da temperatura.

MATSUURA (1994) em seus estudos com o suco integral de acerola, observou pequena perda do teor de ácido ascórbico ao longo do armazenamento, ocasionada pelas baixas temperaturas (-18°C) a que foram submetidas os produtos. O suco integral tratado termicamente apresentou uma retenção de ácido ascórbico ao redor de 96% após 06 meses de armazenamento a -18°C , enquanto que o suco integral não tratado foi de 92%.

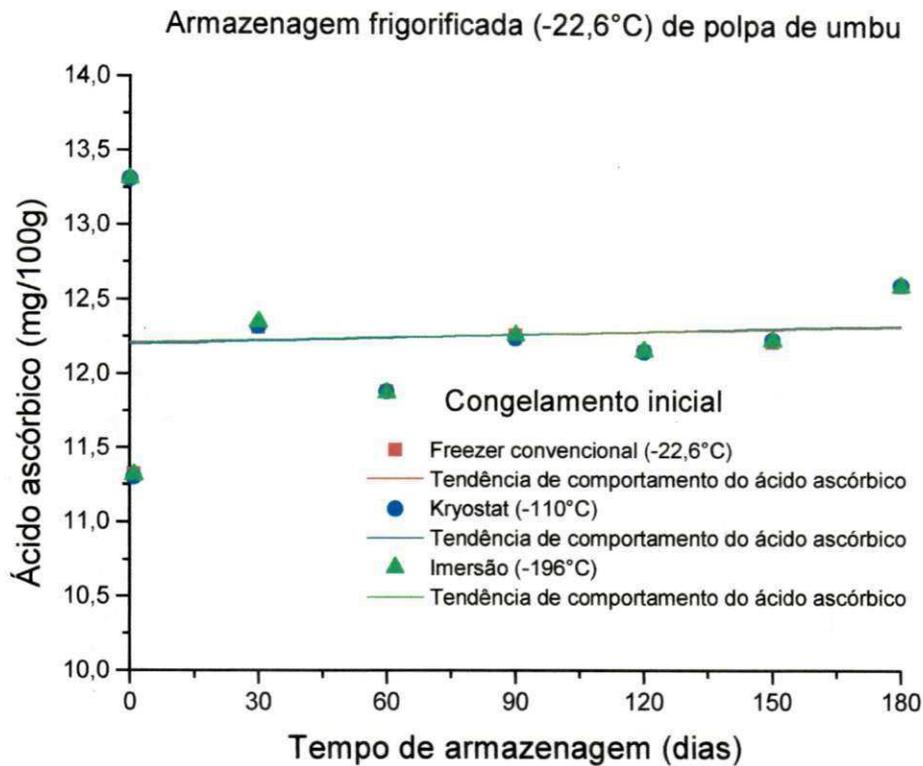


FIGURA 20 – Variação do ácido ascórbico da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.4.2. Acidez titulável

Quanto ao teor de acidez da polpa “in natura” do umbu maduro, o valor encontrado 1,45% de ácido cítrico. Esse valor é inferior ao encontrado por SOUZA e CATÃO (1970), 1,57%, e superior aos valores encontrados por GRANJA (1985), 1,35%, BISPO (1989), 1,23%, e ALMEIDA (1999), 0,96 e 1,07%.

Observando Figura 21, verifica-se nos três tratamentos um pequeno acréscimo da acidez no final de 180 dias, semelhante ao encontrado na polpa “in natura.” ALMEIDA (1999), em seus estudos com umbus semi-maduros e maduros, armazenados à temperaturas de 5, 10 e 15°C , observou que o teor de acidez apresentou um acréscimo aos 15 de armazenagem.

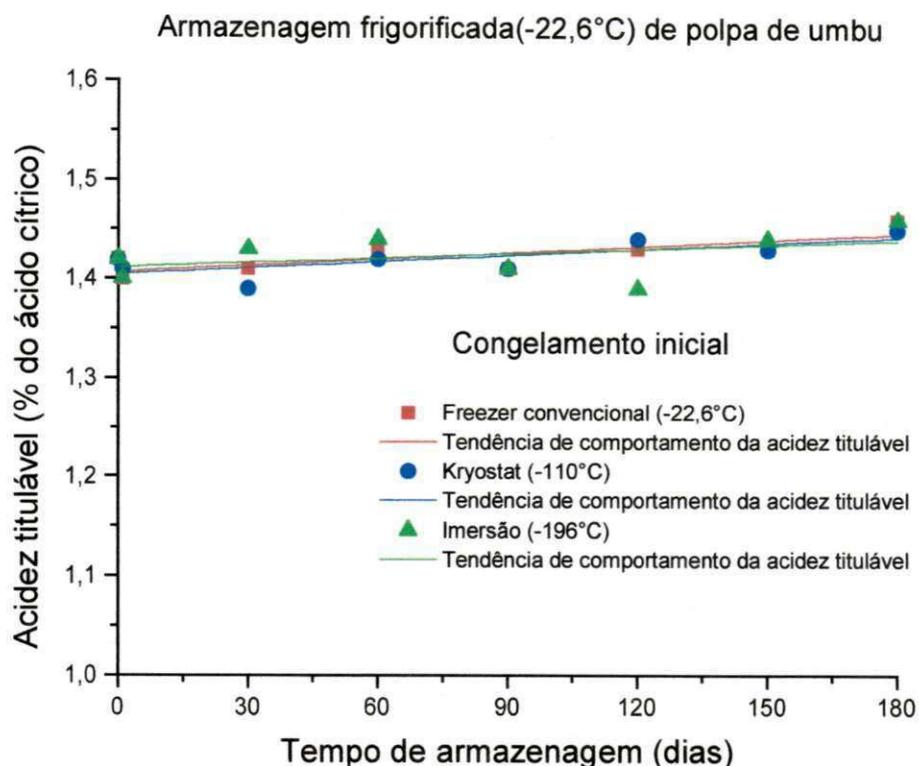


FIGURA 21 – Variação da acidez da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

Através da análise de variância Anexo E, Tabelas E1, E2, observa-se diferença significativa ao nível de 1% ao longo do tempo de armazenagem. Para a interação tratamento x tempo e entre tratamentos não houve diferença significativa. Aplicando-se teste de Tukey ao nível de 5% Tabela E3, observa-se que o tratamento 2 apresentou-se estatisticamente estável de 0 a 180 dias. Os tratamentos 1 e 3 apresentaram-se estatisticamente superiores aos 180 dias em relação ao tempo zero.

As médias para cada tratamento foram de 1,42; 1,42 e 1,42, respectivamente para congelamento em freezer convencional, kryostat e por imersão. As variações de 0 a 180 dias foram de 1,40 a 1,46; 1,41 a 1,45; 1,40 a 1,46, respectivamente na mesma ordem acima.

4.4.3. Açúcares redutores

O valor médio do teor de açúcares redutores da polpa “in natura” do umbu maduro 3,60% glicose, diverge dos valores encontrados por SOUZA e CATÃO (1970) 5,76% glicose, GRANJA (1985) 7,85% glicose, BISPO (1989) 6,07% glicose, no entanto, comparável ao valor encontrado por ALMEIDA (1999) 3,64% glicose.

Por meio da Figura 22, observa-se que os valores permaneceram constantes ao longo do armazenamento, não variando também entre os tempos de congelamento. No Anexo F, Tabela F1, encontram-se os resultados das determinações dos açúcares redutores da polpa de umbu submetida a três métodos de congelamento, em freezer convencional a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C , respectivamente, realizadas durante o período de 180 dias de armazenamento a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$.

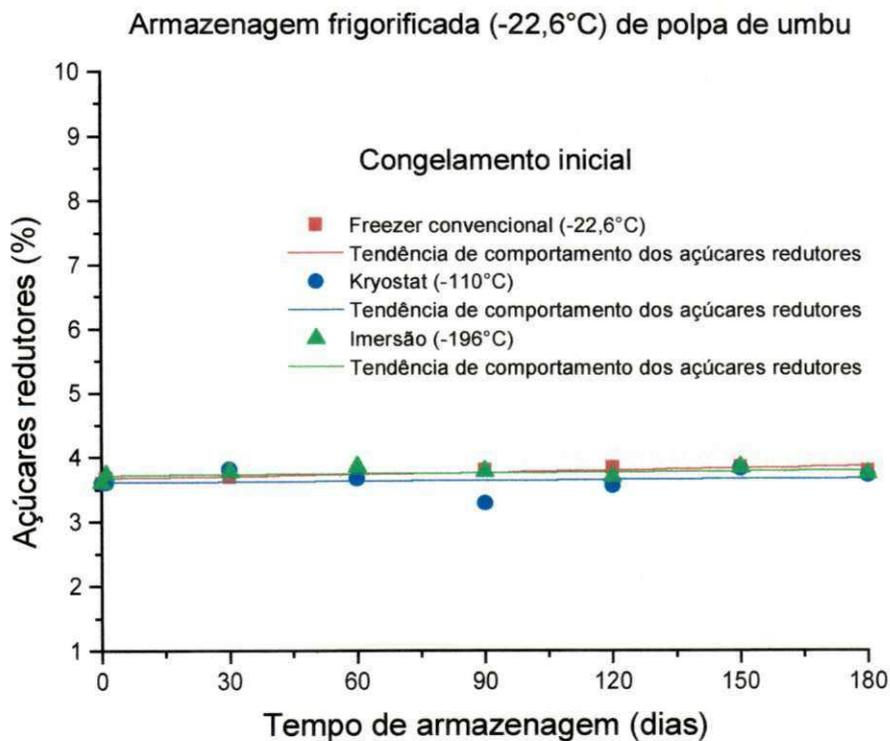


FIGURA 22 – Variação dos açúcares redutores da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.4.4. Açúcares não redutores

O valor médio encontrado para os açúcares não redutores da polpa “in natura” 2,52% sacarose, esse valor é comparável ao encontrado por SOUZA e CATÃO (1970) 2,58%, e superior aos valores encontrados por GRANJA (1985) 0,96%, e BISPO (1989) 1,88%, e inferior aos encontrados por ALMEIDA (1999) que obteve valores de 3,92 e 3,8% dos umbus semi-maduros e maduros respectivamente.

Na Figura 23, observa-se que no pós-congelamento houve um ligeiro acréscimo nos açúcares não redutores em todos os tempos, permanecendo constante ao longo do armazenamento. No Anexo G, Tabela G1, encontram-se os valores médios das determinações dos açúcares não redutores da polpa de umbu maduro, submetida aos três métodos de congelamento e armazenada em freezer convencional durante 180 dias a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$.

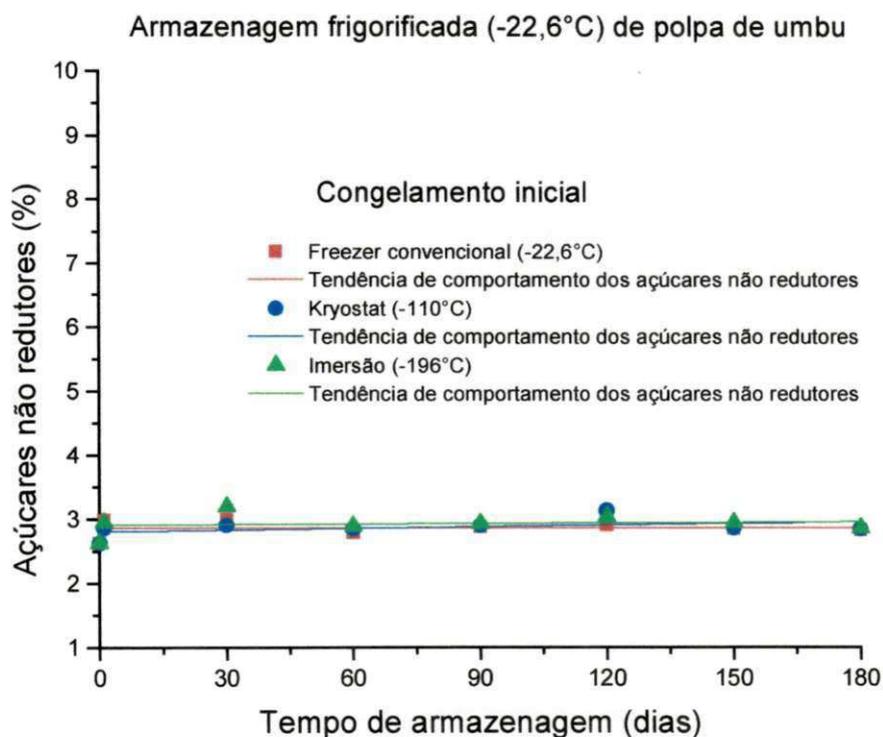


FIGURA 23 – Variação dos açúcares não redutores da polpa de umbu durante o período de 180 de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.4.5. Açúcares totais

O valor médio obtido dos açúcares totais da polpa “in natura” do umbu maduro foi de 6,25%, este teor é inferior aos encontrados por GUIMARÃES e PECHNIK (1956) 12,70%, CHAVES *et al.* (1971) 9,29%, BISPO (1989) 7,95%, FRANCO (1998) 10,60%, e ALMEIDA (1999) 7,44%, e superior aos encontrados por GUEDES e ORIÁ (1978) que identificaram um valor de 4,95%.

No pós-congelamento, observou-se um ligeiro aumento nos açúcares totais em todos os tratamentos. Indo para 6,84, 6,64 e 6,85, respectivamente nos tratamentos em freezer convencional, kryostat e por imersão. Na Figura 24, observa-se que houve um leve aumento no teor de açúcares totais nos três tratamentos, sendo que a polpa congelada por imersão manteve seus valores sempre ligeiramente superiores.

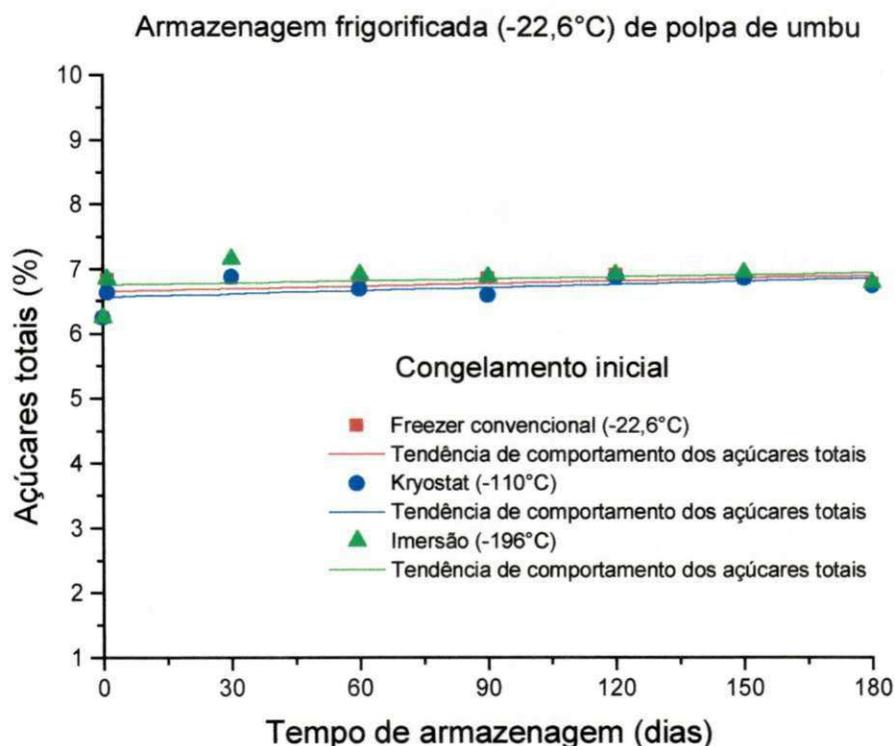


FIGURA 24 – Variação dos açúcares totais da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

Segundo Bayma citado por BISPO (1989), esta 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.

No Anexo H, Tabela H1, estão expressos os resultados das determinações dos açúcares totais realizadas na polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento, em freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C e armazenada durante um período de 180 dias a $-22,6^{\circ}\text{C}$.

4.4.6. Sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$)

O valor médio encontrado dos sólidos solúveis da polpa “in natura” de umbu maduro foi de $10,03^{\circ}\text{Brix}$. Esse valor é superior ao encontrado por CHAVES *et al.* (1971) $8,40^{\circ}\text{Brix}$, sendo inferior ao valor obtido por SILVA *et al.* (1987) $11,^{\circ}\text{Brix}$, podendo ser comparável aos encontrados por BISPO (1989) e ALMEIDA (1999) onde ambos obtiveram para os umbus semi-maduros e maduros um $^{\circ}\text{Brix}$ de 10,0.

Através da análise de variância Anexo I, Tabela I1, I2, observa-se diferença significativa ao nível de 1% entre tratamento e interação tratamento x tempo durante o período de estocagem.

Aplicando-se teste de Tukey ao nível de 5% Tabela I3, observa-se que o tratamento por imersão obteve quase sempre médias estatisticamente maiores, que o convencional e o kryostat. Ao longo do tempo observa-se diferenças estatísticas em todos os tratamentos, tendendo a um aumento dos sólidos solúveis, o que pode ser confirmado na Figura 25.

As médias para cada tratamento foram de 10,58; 10,55 e 10,64, respectivamente para congelamento em freezer convencional, kryostat e por imersão. As variações de 0 a 180 dias foram de 9,96 a 10,68; 9,96 a 10,88; 9,96 a 10,88, respectivamente na mesma ordem acima.

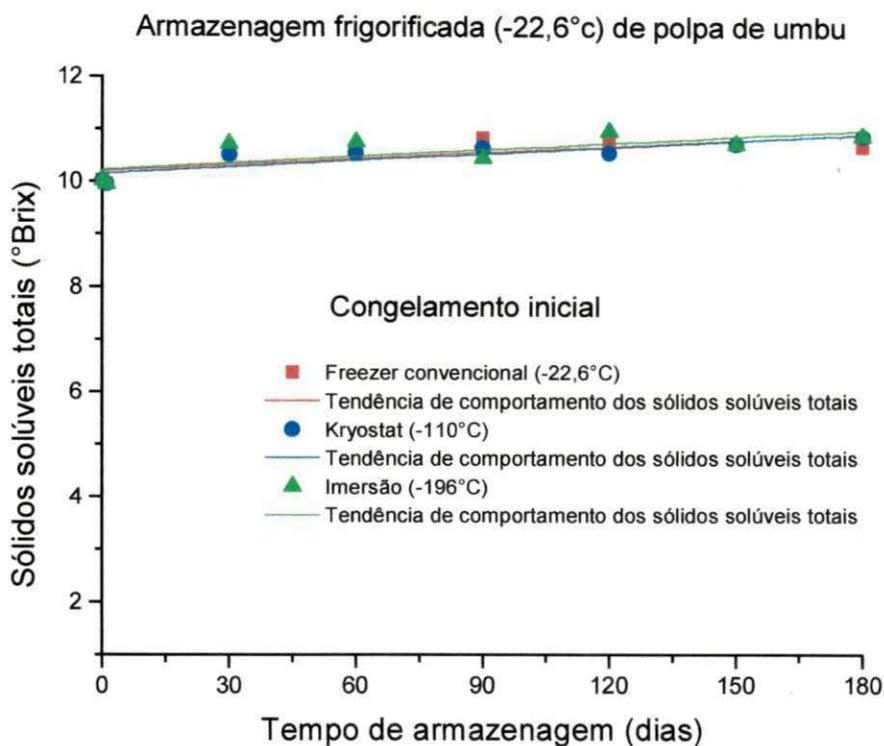


FIGURA 25 – Variação de sólidos solúveis (°Brix) da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.4.7. pH

Quanto ao pH da polpa “in natura” do umbu maduro, o valor médio encontrado foi 2,21. Esse valor é inferior aos encontrados por CHAVES *et al.* (1971) 2,65, SILVA *et al.* (1987) 2,62, BISPO (1989) 2,45, e ALMEIDA (1999) que obteve valores médios dos umbus semi-maduros e maduros de 2,33 e 2,49, respectivamente.

Observando a Figura 26, nota-se que o pH da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento, em freezer convencional a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C , permaneceu constante durante o período de 180 dias de armazenamento a uma temperatura de $-22,6^{\circ}\text{C}$. Pelo estudo da análise de

variância Anexo J, Tabelas J1, J2, observou-se que não houve diferença significativa entre tratamentos, tempo e interação tratamento x tempo, durante o período de armazenagem.

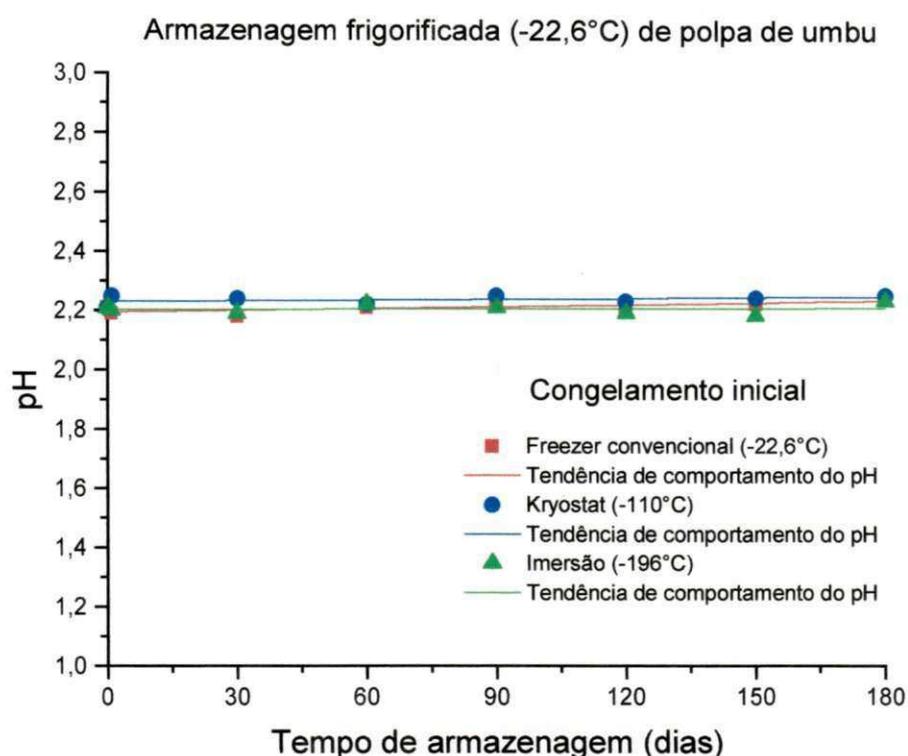


FIGURA 26 – Variação do pH da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.5. Análise sensorial

4.5.1. Aparência

Através da análise de variância Anexo L, Tabelas L1, L2, observa-se diferença significativa ao nível de 1% entre os tratamentos. Para o tempo e interação tratamento x tempo não houve diferença significativa.

Na Figura 27 observa-se uma preferência dos provadores, quanto a aparência, para a polpa congelada a -110°C e a -196°C em relação ao congelamento em freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, tendendo esta preferência a desaparecer no final dos 180 dias de armazenamento.

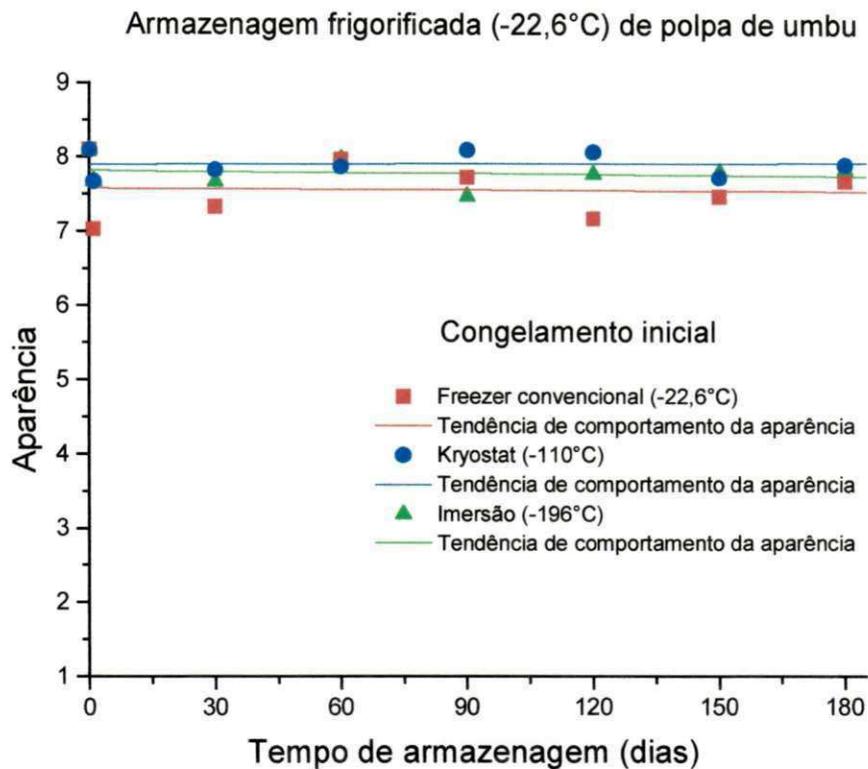


FIGURA 27 – Variação da aparência da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.5.2. Cor

Observando-se a análise de variância Anexo M, Tabelas M1, M2, verifica-se que não houve diferença significativa entre tratamento, tempo e interação tratamento x tempo.

Na Figura 28, pode-se observar que ocorreu uma pequena preferência dos provadores para a cor da polpa congelada a -110 e -196°C , com relação ao congelamento em freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, durante o período de 180 dias de armazenamento.

Os valores em zero e 180 dias foram para o congelamento em freezer convencional 7,20 e 7,80; kryostat 7,87 e 7,83 e por imersão em nitrogênio líquido de 7,87 e 7,90. As médias gerais foram de 7,65, 7,90, e 7,87, respectivamente.

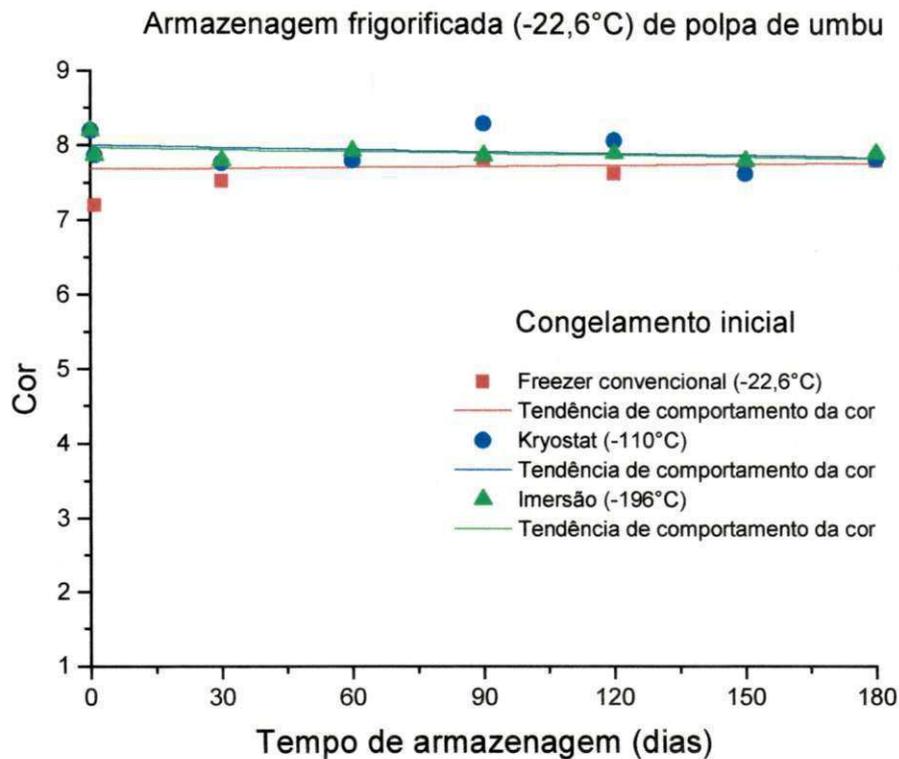


FIGURA 28 – Variação da cor da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.5.3. Odor

Pelos resultados da análise de variância mostrados no Anexo N, Tabelas N1, N2, observa-se que não houve diferença significativa entre tempo, tratamento e interação tratamento x tempo, o que pode ser confirmado na Figura 29.

Os valores em zero e 180 dias foram para o congelamento em freezer convencional de 7,23 e 7,69; kryostat refrigerado a nitrogênio líquido 7,73 e 7,78; e por imersão em nitrogênio líquido de 7,40 e 7,43, respectivamente.

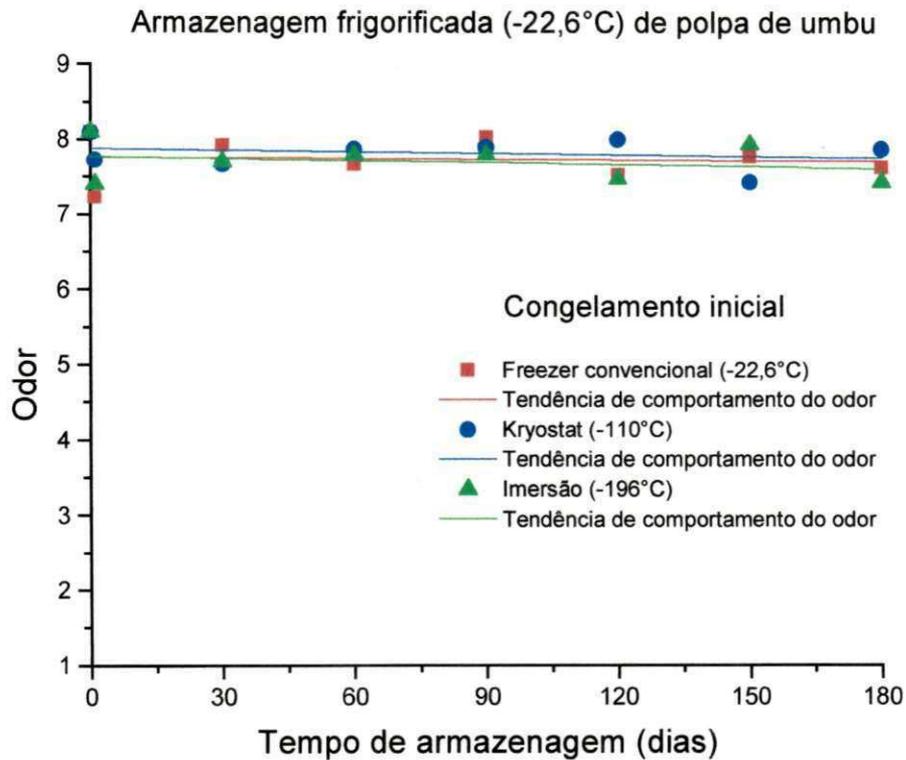


FIGURA 29 – Variação do odor da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

4.5.4. Sabor

Pelos resultados da análise de variância mostrados no Anexo O, Tabelas O1, O2, observa-se que não houve diferença significativa entre tempo, tratamento e interação tratamento x tempo, o que foi confirmado na Figura 30.

Os valores em zero e 180 dias foram para o congelamento em freezer convencional de 7,93 e 7,80; kryostat refrigerado a nitrogênio líquido 7,77 e 7,77 e por imersão em nitrogênio líquido 7,53 e 7,57, respectivamente.

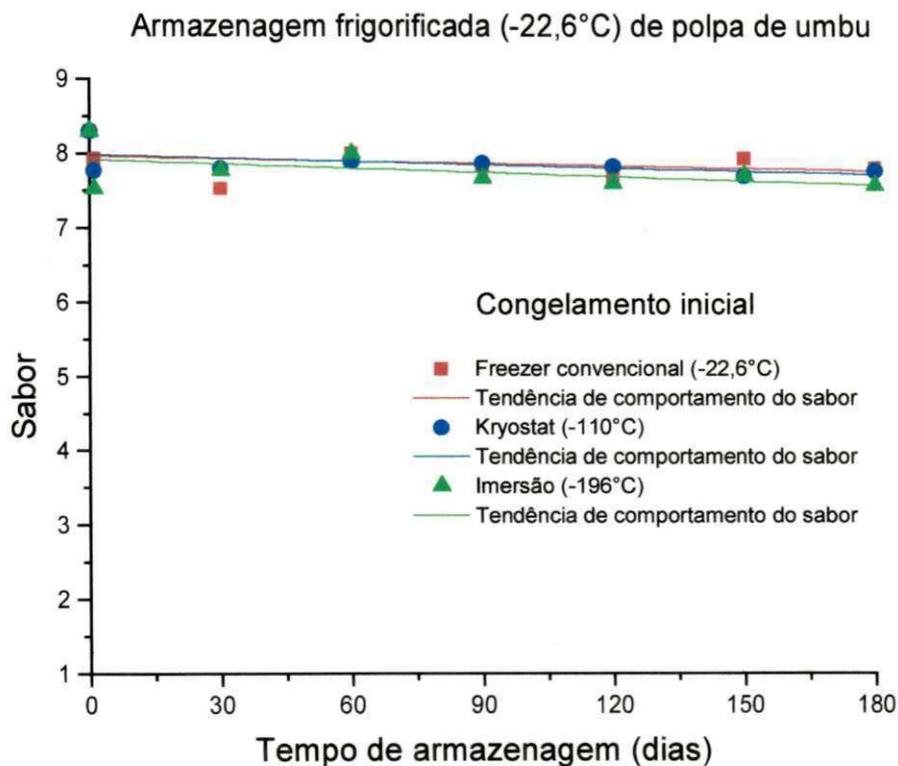


FIGURA 30 – Variação do sabor da polpa de umbu durante o período de 180 dias de armazenagem a $-22,6^{\circ}\text{C}$, submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C).

5 – CONCLUSÕES

- Neste trabalho onde se estudou as alterações físico-químicas e sensoriais da polpa de umbu maduro, submetida a três métodos de congelamento inicial, a $-22,6$, -110 e a -196°C ao longo e um período de 180 dias de armazenamento frigorificado, concluiu-se, primeiramente em relação às características físicas do fruto e do rendimento do umbu processado que:
- Os valores médios da massa, diâmetro maior, diâmetro menor, volume e massa específica foram de 20,85g, 32,87mm, 30,96mm, $20,56\text{cm}^3$ e $1,0156\text{g/cm}^3$, respectivamente.
- O rendimento obtido com o processamento do umbu foi de 71,74%.

Quanto à cinética de congelamento da polpa de umbu:

- Para a polpa congelada a $-22,6^{\circ}\text{C}$, a fase de resfriamento foi de aproximadamente de 1.200 segundos. Para a fase de cristalização esse tempo foi de 3.000 segundos. Na fase pós-congelamento a temperatura próxima à de equilíbrio é alcançada após 10.200 segundos.
- Para a polpa congelada a -110°C , a fase de resfriamento foi de aproximadamente 840 segundos. Para a fase de cristalização esse tempo foi de 600 segundos. Na fase de pós-congelamento a temperatura próxima à de equilíbrio é alcançada após 3.120 segundos.
- Para a polpa congelada a -196°C , a fase de resfriamento foi de aproximadamente de 70 segundos. Para a fase de cristalização esse tempo foi de 20 segundos. Na fase pós-congelamento a temperatura próxima à de equilíbrio é alcançada após 235 segundos.

Relativo ao comportamento físico-químico e sensorial da polpa de umbu:

- Os métodos de congelamento não interferiram na estabilidade do ácido ascórbico, permanecendo com os teores estáveis para os três tratamentos; freezer convencional $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat refrigerado a nitrogênio líquido -110°C e por imersão em nitrogênio líquido -196°C permanecendo com teores entre 11,32 a 12,59; 11,30 a 12,60 e 11,31 a 12,59 mg/100g.

- Os níveis de acidez da polpa de umbu maduro, submetida a três métodos de congelamento, freezer convencional $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat refrigerado a nitrogênio líquido -110°C e por imersão em nitrogênio líquido -196°C , apresentaram uma tendência de aumento ao longo do armazenamento.
- Os açúcares redutores, não redutores e totais se mantiveram de um modo geral estáveis e não sofreram influência dos métodos de congelamento.
- Existe uma tendência de aumento dos sólidos solúveis da polpa de umbu ao longo da armazenagem frigorificada, para os três métodos de congelamento inicial.
- O pH se manteve estável e não sofreu influência dos métodos de congelamento.
- A análise sensorial resultou numa preferência dos provadores, quanto a aparência, para a polpa congelada a -110°C e a -196°C em relação ao congelamento em freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, tendendo esta preferência a desaparecer no final do período.
- Quanto ao odor, cor e sabor, todos os tratamentos obtiveram igual preferência por parte dos provadores.
- O congelamento inicial feito em freezer convencional, kryostat refrigerado a nitrogênio líquido e por imersão em nitrogênio líquido não influenciaram a qualidade do produto ao longo do armazenamento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACEM. A horticultura precisa crescer. **Circuito Agrícola**. v.5, n.16, p.1-10. 1997.
- ACEROLA. A fruta mais rica em vitamina C. **A lavoura**. v.8, p.22-25, jan/fev. 1986.
- AGUSTIN, M.V.M. **Microbiologia de los alimentos**. 2ª ed. Zaragoza: Editorial Acribia. 1976. 511p.
- AIRY, S.H.K.; FORMAN, L.L. The genus *Spondias* L. (Anacardiaceae). In: tropical Asia. **Kew Bulletin, Kew**, v.21, n.1, p.1-20, 1967.
- ALMEIDA, M.M. de. **Influência dos estádios de maturação e diferentes condições de armazenagem refrigerada na conservação do umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. Campina Grande, PB: UFPB, 1999. 89p. (Dissertação de Mestrado)
- ALMEIDA, T.C.A. **Análise sensorial: Efeitos da memória**. Campinas, SP: UNICAMP, 1996. 121p. (Dissertação de Mestrado)
- AMER, M.I.; RUBIOLO, A.C. **Influencia del proceso de congelacion en la variacion de la vitamina C durante el almacenamiento de frutillas congeladas**. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 2, S.I., 1998, CD ROM.
- AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**. Academic Press, NY, 1965.
- ANDRADE, L.A. de. **Propagação assexuada do umbuzeiro através de estacas com o uso de IBA e sacarose**. Areia, PB: UFPB, 1989. 49p. (Dissertação de Mestrado)
- ANDRADE, M.O. de.; CAMARGO, R. de. Tecnologia de alimentos e nutrição. In: CAMARGO, R. de.; FONSECA, H.; GRANER, M.; PRADO FILHO, L.G. do.; CARUSO, J.G.B.; ANDRADE, M.O. de.; NOGUEIRA, J.N.; CANTARELLI, P.R.; LIMA, U. de A.; OLIVEIRA, A.J. de.; MOREIRA, L.S. **Tecnologia dos Produtos Agropecuários**. São Paulo: Editora Nobel, 1984, p.9-34.
- ANON. Cryogeny: a system adapted for specific needs. **Surgeation**. n.308, p.61-62.
- A. O. A. C. (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 14.ed. Washington: edited by Williams Horwitz. 1984. 1141p.
- ARAÚJO, M.A.B.; SILVA, H.; SILVA, A.Q. da.; ALVES, R.E. **Propagação assexuada do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) pelo método de estaquia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS. 7. Areia, 1987, p31.

- ASCAR, J.M. **Alimentos: aspectos bromatológicos e legais**. São Leopoldo, RS. Editora UNISINOS, 1985, v.1, p.117-164.
- AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Editora Nobel, 1993. 114p.
- BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. de. Conservação de alimentos pelo emprego do frio. In: **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v.3, p.63-80.
- BENASSI, M.T. **Análise dos efeitos de diferentes parâmetros na estabilidade de vitamina C em vegetais processados**. Campinas, 1990. 159p. (Dissertação de Mestrado)
- BISPO, E. da S. **Estudo dos produtos industrializáveis do umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. Fortaleza: UFCE, 1989. 118p. (Dissertação de Mestrado)
- BLEINROTH, E.W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Instituto de Tecnologia de Alimentos. Campinas, 1988. 200p.
- 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**. 2ª ed. São Paulo: Varela, 1992, p.121-122.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 3ª ed. Fortaleza: Imprensa Oficial, 1960. 540p.
- BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Coará**. 3ª ed. Fortaleza: Imprensa Oficial, 1968. 540p.
- BRAGA, R. Imbu. In: **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. Fortaleza: Fundação Guimarães Duque, 1976. p.284-286. (Coleção Mossoroense, 42)
- BRASIL, I.M.; GUIMARÃES, A.C.L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: Química e bioquímica do processamento**. Brasília, DF: ABEAS, 1998. v.5. 109p.
- BREKKE, J.E.; TONAKI, K.I.; CAVALETTO, C.G.; FRANK, H.A. **Stability of guava puree concentrate during refrigerated storage**. 1970, p.469-471.
- CABRAL, L.M.C.; FURTADO, A.A.L. **Curso de processamento de frutas: polpa e suco de frutas**. Brasília, DF: EMBRAPA, 1997, p.74-82.
- CALVELO, F.A. Modelo matemático de la refrigeracion de alimentos. In: KASAHARA, G.I. **Refrigeracion y congelacion de alimentos**. Chile: Editora e Imprenta Maval, 1986, p.111-132.
- CAMPOS, O.C. **Estudo da quebra de dormência da semente do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. Fortaleza: UFCE, 1986. 71p. (Dissertação de Mestrado)

- CAMPOS, C.O. **Umbuzeiro ou imbuzeiro**. Sobradinho, BA, 1987. (Mimeografado)
- CAMPOS, C.O. **Industrialização caseira do umbu - uma nova perspectiva para o semi-árido**. Salvador: EPABA, 1988. 20p. (EPABA. Circular técnica, 14)
- CASTRO, F. Os alimentos bárbaros dos sertões, Nordeste. **Arquivo Brasileiro de Nutrição**, Rio de Janeiro, n.3, v.2, p.5-92, 1947.
- CAZÉ FILHO, J. **Propagação vegetativa do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) por estaquia**. Arcaia: UFPB, 1983. 48p. (Dissertação de Mestrado)
- CHAVES, J.B.P. **Análise sensorial: Histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1993, 31p.
- CHAVES, J.B.P.; SPROESSER, R.L. **Práticas de laboratório de análise sensorial de alimentos e bebidas**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1996. 81p.
- CHERNEEVA, L.I. **Study of thermal properties of foods**. Report of VNIKHI (Scientific Research Institute of the Refrigeration Industry). Gostorgisdat, Moscou. U.R.S.S. 1956.
- CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320p.
- CHITARRA, M.I.F. Colheita e qualidade de produtos vegetais. In: BOREM, F.M.; CHITARRA, A.B. **Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas**. Poços de Calda: UFLA/SBEA, 1998. Cap.1, p.1-58.
- CORRÊA, M.P. Umbuzeiro. In: **Dicionário das Plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, IBDF. v.6, p.336. 1978.
- COSTELL, E.; DURAN, L. El análisis sensorial en el control de calidad de los alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, n.21, v.1, p.1-10, 1981.
- COX, P.M. **Ultracongelación de alimentos: guía de la teoría y práctica**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1987. 459p.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**, Clarendon Press. Oxford. 1975.
- CUNHA, E. da. **Os Sertões**. 11ª ed. Rio de Janeiro. Editora Francisco Alves, 1929. 375p.
- CZYHRINCIW, N. Tropical fruit technology. **Advances in food Research**, New York, v.17, p.153-208, 1969.
- DAMÁSIO, R.H.; COSTELL, E. Análise sensorial descriptivo: generación de descriptores y selección de catadores. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**. v.31, n.2, p.165-178, 1991.
- DOSSAT, R.J. **Manual de refrigeração**. São Paulo, 1980. v.2, p.215-270.

- DUQUE, J.G. **Solo e água no polígono das secas**. 2ª ed. Fortaleza, 1951, p.95-96.
- DUQUE, J.G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 2ª ed. Banco do Nordeste do Brasil, Fortaleza, 1973. 238p.
- DUQUE, J.G. O umbuzeiro. In: **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 3ª ed. Mossoró: Fundação Guimarães Duque, 1980, p.283-289.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. Rio de Janeiro: Atheneu, 1987. 652p.
- FAEB. **O umbuzeiro**. Informativo da Federação da Agricultura do Estado da Bahia. 1977, p.3-28.
- FAPEP/SINE-PB (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Paraíba – Sistema Nacional de Emprego). **Curso de tecnologia de industrialização de polpas**. João Pessoa, nov. 1997. 24p.
- FIKIN, A.; GEGOV, Ya.; KALINOV, V. Comparative technological studies of peas treated by various freezing and storage methods. **Food Science Techonology and Agriculture**, Chicago, v.9, n.11, p.96, 1977.
- FONSECA, E.T. Frutas do Brasil. In: **Umbu e seu suco**. **Revista Brasileira de Farmácia**, p.335-353, nov/dez. 1970.
- FRANCO, B.D.G. de. M. LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Editora Atheneu, 1996. 181p.
- FRANCO, G. **Tabela de Composição Química dos Alimentos**. 9ª ed. São Paulo, 1998, p.53-58.
- GAVA, A.J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. 7ª ed. São Paulo: Editora Nobel, 1984. 284p.
- GIACOMETTI, D.C. **Recursos genéticos de fruteiras nativas do Brasil**. In: Simpósio Nacional de Recursos Genéticos de Fruteiras Nativas, 1992, Cruz das Almas, BA. **Anais...** Cruz das Almas: EMBRAPA/CNPMF, 1993, p.13-27.
- GOMES, R.P. O umbuzeiro. **Seleções Agrícolas**, Rio de Janeiro, v.19, n.223, p.29-34, 1964.
- GOMES, R.P. **Mundo Agrícola**. São Paulo, v.14, n.159, p.94-97, 1965.
- GOMES, R.P. O umbuzeiro. In: **Fruticultura brasileira**. 11ª ed. São Paulo: Nobel, 1989, p.426-428.
- GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Decreto nº 12.486 de 20 de outubro de 1978. **Normas técnicas especiais relativas a alimentos e bebidas do Estado de São Paulo**.

- GRANJA, M.L.B.B. **Efeito de métodos de preservação e tempo de estocagem na qualidade dos sucos simples de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) e mangaba (*Mancornia speciosa* Muell.)**. João Pessoa: UFPB, 1985. 102p. (Dissertação de Mestrado)
- GRUDA, Z.; POSTOLSKI, J. **Tecnologia de la congelacion de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1986. 631p.
- GUEDES, Z.B.L.; ORIÁ, H.F. Valor nutritivo de frutos comestíveis do Ceará. **Revista Brasileira de Farmácia**. Rio de Janeiro, v.59, p.91-97, 1978.
- GUIA RURAL ABRIL. **250 culturas de A a Z**. São Paulo: Editora Abril, 1986, 383p.
- GURIES, R.P.; LEDIG. Genetic diversity and population structure in pitch pine (*Pinus rigida* Mill.). **Evolution, Lawrence**, v.36, n.2, p.387-402, 1982.
- HERRMANN, K. **Alimentos Congelados: Tecnologia y comercializacion**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1977, p.15-60.
- HOEHNE, P.F. **Frutas indígenas**. São Paulo. Instituto de Botânica, 1979. 88p.
- HOLDSWORTH, S.D. **Conservación de frutas y hortalizas**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1988. 184p.
- IBGE. **Anuário estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, v.51, p.1024-1523, 1991.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3ª ed. São Paulo, 1985. v.1, 533p.
- KASAHARA, G.I.; GARRIDO, B.F.; SIMPSON, R.R.; ALDUNATE, M.M.I.; CORNEJO, F.F. **Refrigeracion y congelacion de alimentos**. Chile: Editora e Imprenta Maval, 1986. 132p.
- KEFFORD, J.F.; CHANDLER, B.V. **The chemical constituents of citrus fruits**. New York: Academic Press, 1970. 225p.
- LAJOLO, F.M. **Conservação de frutas: ação dos mecanismos de amadurecimento**. Simpósio. SBPC. Brasília, p.150-155, jul, 1976.
- LEITÃO, M.F.F. Microbiologia das frutas tropicais e seus produtos. In: **Alguns Aspectos Tecnológicos das Frutas Tropicais e seus Produtos**. São Paulo: ITAL, p.83-142. 1980.
- LEON, J.; SHAW, P.E. *Spondias*: the red mombin and related fruits. In: NAGY, S.; SHAW, P.E.; WARDONSKI, F.W. **Fruits of tropical and subtropical origin: composition, properties and uses**. Lake Alfred: Florida Science Source Inc., 1990, p.117-126.
- LIMA, D. de A. Imbuzeiro. **Plantas das caatingas**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1989, p.166-169.

- LIMA, M. de F.M. de. **Desidratação de polpa de umbu em leite de jorro: Estudos fluidodinâmicos e térmicos**. Campina Grande: UFPB, 1992. 118p. (Dissertação de Mestrado)
- LINDSAY, R.C. Flavor. In: FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos**. Zaragoza Acribia, 1993. cap.9, p.659-706.
- MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. de O.; FIGUEIREDO, R.W. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpa tropicais: matérias-primas**. Brasília-DF: ABEAS, 1998. v.2., cap.22, p.219-224.
- MAIA, G.A.; FRANCELINO, G.S. de O.; MONTEIRO, J.C.S.; FIGUEIREDO, R.W. de.; GUIMARÃES, A.C.L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: Fundamentos da Engenharia dos Processos**. Brasília-DF: ABEAS, 1998. v.4. 114p.
- MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. de.; GUIMARÃES, A.C.L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: Processamento industrial**. Brasília-DF: ABEAS, 1998. v.8. 60p.
- MANNAPPERUMA, J.D.; SINGH P.R. Acomputer-Aided for the Prediction of Properties and Freezing / Thawing Times of Foods. **Journal of Food Engineering**, v.9, n.4, p.273-304, 1989.
- MARQUES, A.N. **O umbuzeiro**. IV Congresso Brasileiro de Fruticultura. Salvador, 27.p, jan., 1977.
- MATSUURA, F.C.A.U. **Processamento e caracterização de suco integral e concentrado congelado de acerola**. Campinas, SP. UNICAMP, 1994. 141p. (Dissertação de Mestrado)
- MEYER, L.H. **Food chemistry**. New York: Reinhold Book Corporation, 1968, p.148-170.
- MENDES, B.V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara): importante fruteira do semi-árido**. Coleção Mossoroense. Série C - v.164. 1990, 67p.
- MITCHELL, J.D.; DALY, D.C. Revisão das espécies neotropicais de *Spondias* (Anacardiaceae). In: Congresso Nacional de Botânica, 46., 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1995. p.207.
- MORORÓ, R.C. **Como montar uma pequena fábrica de polpa de fruta**. Viçosa, MG. 1998. 67p.
- MORORÓ, R.C. **Melhoria da qualidade de polpa de frutas congeladas**. Ilhéus. CEPLAC/CEPEC. 1995. 13p.
- NEVES FILHO, L. de C. **Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. São Paulo – SP: IBF/ ABRVA/ SINDRATAR, 1991. 176p.

- NOGUEIRA, C.M.C. da C. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)** Fortaleza, CE: Universidade Federal do Ceará, 1991, 117p. (Dissertação de Mestrado)
- PANGBORN, R.M. Sensory Science Today. **Cereal Foods World** v.25, n.10, p.637-640. 1980.
- PANTASTICO, E.R.B. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. Westport, AVI, 1975. 560p.
- PEDROSA, A.C.; NETO, L.C.; LEDERMAN, I.E.; BEZERRA, I.E.F.; DANTAS, A.P. **Características físico-químicas de frutas de 22 matrizes de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) provenientes de Pernambuco e da Bahia**. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1989, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: SBF, 1989. p.59.
- PIRES, I.E.; OLIVEIRA, V.R. de. Estrutura floral e sistema reprodutivo do umbuzeiro. **Pesquisa em andamento**, Petrolina, PE: EMBRAPA, n.50, jun. 1986.
- PORETTA, S. Sensory of fruit preparations. **Fruit Processing**, Maribor, Slovenia, v.6, n.6, p.227-231, jun, 1996.
- QUEIROZ, A.J. de M. **Propriedades físicas e pré-resfriamento de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. Campina Grande: UFPB, 1994. 145p. (Dissertação de Mestrado)
- REIS, A.C.S. **Zoneamento agroclimático para o Nordeste do Brasil**. Recife: SUDENE/Departamento de Agricultura e Abastecimento, 1979. 31p.
- RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. Central Food Technological Research Institute Mysore. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1977. 634p.
- SILVA, A.S.; PORTO, E.R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do tópic semi-árido do Brasil**. Petrolina, EMBASA/CPATSA. 1982. 128p.
- SILVA, J. de S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora, MG: Instituto Maria, 1995. 509p.
- SILVA, A.Q. da.; SILVA, M.A. da. G.O. **Observações morfológicas e fisiológicas sobre (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)**. In: Congresso Nacional de Botânica, 25, Mossoró, 1974. **Anais...** Recife, Sociedade de Botânica do Brasil, 1976. p.5-15.
- SILVA, C.M.M. de S.; PIRES, J.E.; SILVA, H.D. da. **Caracterização do fruto do umbuzeiro**. Petrolina, PE: EMBRAPA, 1987. 17p. (EMBRAPA, Boletim de pesquisa, 34)
- SILVA, H.; SILVA, A.Q. da.; OLIVEIRA, A.R. de.; CAVALCANTI, F.B. Algumas informações pomológicas do umbuzeiro da Paraíba. II. Características tecnológicas. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1988, Campinas, **Anais...** Campinas: SBF, 1988, v.2, p.696-701.

- SILVA, H.; SILVA, A.Q. da.; ROQUE, M.L.; MALAVILTA, E. Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 1984, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBF, 1984. v.4, p.1129-1134.
- SILVA, F.V. **Avaliação do comportamento experimental do sistema de refrigeração de um túnel de congelamento com R-502 e R-408.** Campinas, SP. 1998. 134p. (Dissertação de Mestrado)
- SIMÕES, M.R. **Propriedades termofísicas de polpa de manga.** Campinas, SP: UNICAMP, 1997. 84p. (Dissertação de Mestrado)
- SING, R.P.; HELDMAN, D.R. **Introducción a la ingeniería de los alimentos.** Zaragoza: Editorial Acribia, 1998. 544p.
- SOLER, M.P.; RADOMILLE, L.R.; TOCCHINI, R.P. **Processamento.** In: **Industrialização de frutas.** Campinas: ITAL, 1991. p.53-113.
- SOLER, M.P. **Manual técnico de industrialização de frutas.** Campinas: ITAL, 1986. 278p.
- SOUZA, A.H. de.; CATÃO, D.D. Umbu e seu suco. **Revista Brasileira de Farmácia.** p.335-353, nov./dez., 1970.
- SOUSA, J.S.I. de. Cajás, ceriguelas e umbus. **Chácaras e quintais.** São Paulo, p.335-338, agosto, 1961.
- SUDENE. **Valor nutritivo e o aproveitamento industrial das frutas regionais.** Recife, 1971. (Relatório Final do Convênio SUDENE/Ministério da Agricultura)
- STUDER, A.; DAEPP, H.U.; SUTER, E. **Conservación casera de frutas y hortalizas.** Zaragoza: Editorial Acribia, 1996. 167p.
- SOUTHGATE, D. **Conservación de frutass y hortalizas.** Zaragoza: Editorial Acribia, 1992. 216p.
- TANNENBAUM, S.R.; YOUNG, R.R.; ARCHER, M.C. Vitaminas y minerales. In: ➔ FENNEMA, O.R. **Química de los Alimentos.** Zaragoza: Acribia, 1993. cap. 7: p.537-601.
- TEIXEIRA, E.; MEINERT, E.M.; BARBETTA, P.A. **Análise sensorial de alimentos.** Florianópolis: Ed. UFSC, 1987. 180p. (Série Didática)
- TIBA, M.A. **Estudo do armazenamento de polpa de caqui (*Diospyros kaki* L.) congelada para elaboração de subprodutos.** Campinas, SP: UNICAMP, 1996. 96p. (Dissertação de Mestrado)
- TIGRE, C.B. **Estudos de silvicultura especializado do Nordeste.** Escola de Agricultura de Mossoró, 1976, p.168-171.

- TOCCHINI, R.P.; NISIDA, A.L.A.; MARTIN, Z.J. de. **Industrialização de polpas, sucos e néctares de frutas**. Campinas: ITAL, 82p. 1995.
- VICENTE, A.M.; RUBIO, J.M.G.P.; REGIDOR, F.S.; VICENTE, J.M.M. **Refrigeracion, congelacion e envasado de los alimentos**. Madrid, 1994. Iragra, S.A. Bardala, Madrid, 1994. 277p.
- VENNING, J.A.; BURNS, D.J.W.; HOSKIN, K.M.; NGUYEN, T.; STEC, G.H. Factors influencing the stability of frozen kiwifruit pulp. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.2, p.396-404, mar./abr., 1989.
- WATT, B.K. The nutritive value of frozen foods. In: DESROSIER, N.W.; TRESSLER, D.K. **Fundamentals of food freezing**. Westport, Conn., AVI Publishing Co., 1977, v.14, p.506-535.
- WILLS, R.H.H.; LEE, T.H.; McGLASSON, W.B.; HALL, E.G.; GRAHAM, D. **Fisiologia y manipulacion de frutas y hortalizas pos-recoleccion**. Zaragoza: Ed. Acribia, 1984, p.1-17.
- ZADERNOWSKI, R.; MARKIEWICZ, K.; NESTEROWICZ, J.; PIERZYNOWSKA-KORNIAK, G. Physical and chemical characteristics of pulpy juices. **Fruit Processing**, Hachenburg, Germany, v.7, n.11, p.441-447, 1997.
- ZUROWIETZ, V. The world of seuses. **Fruit Processing**, Maribor, Slovenia, v.6, n.6, p.227-231, jun., 1996.

ANEXOS

ANEXO A

TABELA A1 – Temperatura de cada momento, razão de temperatura experimental e calculada obtidas no congelamento a $-22,6^{\circ}\text{C}$ da polpa de umbu maduro.

Tempo (segundos)	Temperatura $^{\circ}\text{C}$	*Razão de Temperatura valores experimentais	**Razão de Temperatura valores calculados
0	18,2	1,000	1,000
300	11,2	0,825	0,833
600	4,7	0,661	0,694
900	0,4	0,554	0,578
1200	-0,5	0,531	0,482
1500	-0,3	0,536	0,541
1800	-0,3	0,536	0,538
2100	-0,3	0,536	0,536
2400	-0,4	0,533	0,533
2700	-0,3	0,536	0,530
3000	-0,4	0,533	0,527
3300	-0,5	0,530	0,524
3600	-0,6	0,528	0,521
3900	-0,6	0,528	0,518
4200	-0,8	0,523	0,515
4500	-1,1	0,515	0,513
4800	-1,3	0,510	0,510
5100	-1,8	0,497	0,507
5400	-2,3	0,484	0,504
5700	-3,1	0,465	0,482
6000	-4,0	0,442	0,450
6300	-5,0	0,416	0,420
6600	-5,9	0,396	0,393
6900	-6,6	0,378	0,367
7200	-7,3	0,360	0,343
7500	-8,1	0,339	0,320
7800	-9,1	0,314	0,299
8100	-10,1	0,288	0,280
8400	-11,0	0,265	0,261
8700	-12,2	0,237	0,244
9000	-12,8	0,222	0,228
9300	-13,5	0,204	0,213
9600	-14,0	0,191	0,199
9900	-14,5	0,179	0,186
10200	-15,0	0,166	0,174
10500	-15,1	0,163	0,163
10800	-15,5	0,153	0,152
11100	-16,0	0,140	0,142
11400	-16,2	0,135	0,133
11700	-16,8	0,124	0,120

TABELA A1 – Continuação

12000	-17,2	0,110	0,116
12300	-17,6	0,099	0,108
12600	-17,7	0,097	0,101
12900	-18,0	0,092	0,094
13200	-18,0	0,092	0,088
13500	-18,1	0,089	0,082
13800	-18,3	0,084	0,077
14100	-18,8	0,071	0,072
14400	-18,9	0,069	0,067

***RT = (T - T_∞)/(T_i - T_∞), onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_∞ = Temperatura do meio de congelamento; T_i = Temperatura inicial do produto.**

ANEXO B

TABELA B1 – Temperatura de cada momento, razão de temperatura experimental e calculada obtidas no congelamento a -110°C da polpa de umbu maduro.

Tempo (segundos)	Temperatura $^{\circ}\text{C}$	*Razão de Temperatura valores experimentais	**Razão de Temperatura valores calculados
0	27,7	1,000	1,000
60	26,9	0,994	0,980
120	23,8	0,971	0,960
180	20,6	0,947	0,941
240	16,8	0,920	0,922
300	13,4	0,894	0,904
360	10,6	0,874	0,886
420	8,1	0,855	0,868
480	6,0	0,840	0,850
540	4,3	0,828	0,833
600	2,9	0,817	0,817
660	1,7	0,808	0,800
720	1,0	0,803	0,784
780	0,4	0,799	0,799
840	0,0	0,796	0,795
900	-0,5	0,792	0,805
960	-0,9	0,789	0,794
1020	-1,4	0,786	0,784
1080	-2,1	0,780	0,773
1140	-3,4	0,771	0,763
1200	-4,6	0,762	0,753
1260	-6,0	0,752	0,743
1320	-7,9	0,738	0,733
1380	-10,4	0,719	0,724
1440	-13,5	0,697	0,714
1500	-17,1	0,670	0,706
1560	-22,3	0,631	0,636
1620	-29,3	0,580	0,573
1680	-36,2	0,529	0,517
1740	-42,7	0,481	0,466
1800	-49,6	0,431	0,420
1860	-55,4	0,388	0,378
1920	-60,2	0,352	0,341
1980	-64,6	0,320	0,307
2040	-69,3	0,285	0,277
2100	-73,5	0,254	0,250
2160	-77,3	0,222	0,225
2220	-81,2	0,198	0,203
2280	-83,0	0,184	0,183
2340	-85,8	0,163	0,165

TABELA B1 – Continuação

2400	-88,4	0,145	0,149
2460	-90,4	0,130	0,134
2520	-92,0	0,118	0,121
2580	-93,9	0,104	0,109
2640	-95,4	0,093	0,098
2700	-96,6	0,084	0,088
2760	-97,4	0,078	0,080
2820	-98,7	0,068	0,072
2880	-100,0	0,059	0,065
2940	-100,6	0,055	0,058
3000	-101,1	0,051	0,053
3060	-102,2	0,043	0,047
3120	-103,1	0,036	0,043
3180	-103,8	0,031	0,039
3240	-104,2	0,028	0,035
3300	-104,7	0,024	0,031
3360	-105,5	0,019	0,028
3420	-106,0	0,015	0,025
3480	-106,2	0,014	0,023
3540	-106,2	0,014	0,021
3600	-106,3	0,013	0,019
3660	-106,8	0,009	0,017
3720	-106,9	0,008	0,015
3780	-106,9	0,008	0,014
3840	-107,0	0,008	0,012
3900	-107,2	0,006	0,011
3960	-107,4	0,005	0,010
4020	-107,3	0,005	0,009
4080	-107,5	0,004	0,008
4140	-107,9	0,001	0,007
4200	-107,9	0,001	0,007
4260	-107,8	0,002	0,006
4320	-107,9	0,001	0,005
4380	-107,9	0,001	0,005
4440	-107,7	0,002	0,004
4500	-107,9	0,001	0,004
4560	-108,0	0,000	0,004

***RT = (T - T_∞)/(T_i - T_∞), onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_∞ = Temperatura do meio de congelamento; T_i = Temperatura inicial do produto.**

ANEXO C

TABELA C1 – Temperatura de cada momento, razão de temperatura experimental e calculada obtidas no congelamento a -196°C da polpa de umbu maduro.

Tempo (segundos)	Temperatura $^{\circ}\text{C}$	*Razão de Temperatura valores experimentais	**Razão de Temperatura valores calculados
0	28,7	1,000	1,000
5	28,7	,999	,992
10	27,6	0,995	0,984
15	26,2	0,989	0,976
20	24,6	0,982	0,969
25	22,6	0,973	0,961
30	20,3	0,962	0,953
35	18,8	0,956	0,946
40	16,4	0,945	0,938
45	14,5	0,937	0,931
50	12,7	0,928	0,923
55	10,6	0,919	0,916
60	7,6	0,906	0,909
65	3,7	0,888	0,901
70	-0,2	0,871	0,894
75	-2,9	0,859	0,857
80	-6,5	0,843	0,836
85	-10,8	0,823	0,816
90	-18,8	0,788	0,797
95	-64,0	0,586	0,562
100	-115,5	0,356	0,486
105	-125,0	0,313	0,419
110	-126,5	0,306	0,362
115	-128,3	0,298	0,313
120	-132,2	0,281	0,270
125	-136,2	0,263	0,234
130	-150,1	0,201	0,202
135	-153,7	0,185	0,174
140	-157,9	0,166	0,151
145	-161,3	0,151	0,130
150	-165,0	0,134	0,112
155	-168,0	0,121	0,097
160	-170,4	0,110	0,084
165	-173,7	0,095	0,072
170	-176,8	0,081	0,063
175	-179,1	0,071	0,054
180	-181,1	0,062	0,047
185	-183,0	0,054	0,040
190	-184,5	0,047	0,035
195	-185,7	0,042	0,030

TABELA C1 – Continuação

200	-186,9	0,036	0,026
205	-187,8	0,032	0,022
210	-188,8	0,027	0,019
215	-189,6	0,024	0,017
220	-190,4	0,021	0,014
225	-190,6	0,020	0,013
230	-191,2	0,017	0,011
235	-191,4	0,016	0,009
240	-191,9	0,014	0,008
245	-192,6	0,011	0,007
250	-192,7	0,010	0,006
255	-192,9	0,010	0,005
260	-193,4	0,007	0,004
265	-193,5	0,007	0,004
270	-193,6	0,006	0,003
275	-193,8	0,005	0,003
280	-194,0	0,004	0,002
285	-194,1	0,004	0,002
290	-194,4	0,003	0,002
295	-194,5	0,002	0,002
300	-194,5	0,002	0,001
305	-194,6	0,002	0,001
310	--194,7	0,001	0,001
315	-194,8	0,001	0,001
320	-194,8	0,001	0,001
325	-195,0	0,000	0,001

***RT = (T - T_∞)/(T_i - T_∞), onde: RT = Razão de temperatura; T = Temperatura em cada momento; T_∞ = Temperatura do meio de congelamento; T_i = Temperatura inicial do produto.**

ANEXO D

TABELA D1 – Resultados das determinações do ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C) e armazenadas a $-22,6^{\circ}\text{C}$ durante o período de 180 dias.

<u>Tratamentos</u>	<u>Ácido ascórbico</u>						
	<u>Tempo de armazenamento (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
Convencional	11,32	12,31	11,88	12,26	12,15	12,21	12,59
Kryostat	11,30	12,32	11,88	12,24	12,15	12,23	12,60
Imersão	11,31	12,35	11,87	12,26	12,15	12,22	12,59

Médias de três determinações

ANEXO E

TABELA E1 – Análise de variância da acidez da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento em função do tempo de armazenagem.

Análise de variância				
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	0.0002	0.0001	0.18 ns
Tempo	6	0.0177	0.0030	5.14 **
Tratamento x tempo	12	0.0084	0.0007	1.21 ns
Resíduo	42	0.0241	0.0006	
Total	62	0.0504		

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade

n.s: não significativo

TABELA E2 – Comparação entre as médias de acidez titulável (% de ácido cítrico) para os três métodos de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
Conv.* 1,4231 a	0	1,4033 b
Kry.* 1,4202 a	30	1,4088 b
Imer.* 1,4250 a	60	1,4268 ab
	90	1,4124 b
	120	1,4181 b
	150	1,4336 ab
	180	1,4564 a

Conv.* - Convencional; Kry.* - Kryostat; Imer.* - Imersão

DM1= 0,0180

DM2 = 0,0350

MG = 1,4228

CV% = 1,6843

TABELA E3 – Valores da acidez para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tukey ao nível de 5%.

		<u>Acidez titulável (% de ácido cítrico)</u>												
		<u>Tempo (dias)</u>												
Tratamentos	0		30		60		90		120		150		180	
Convencional	1,40	B	1,41	AB	1,43	AB	1,41	AB	1,43	AB	1,43	AB	1,46	A
Kryostat	1,41	AB	1,39	B	1,42	AB	1,41	AB	1,44	AB	1,43	AB	1,45	A
Imersão	1,40	B	1,43	AB	1,44	AB	1,41	AB	1,39	B	1,44	AB	1,46	A

DMS/ coluna = 0,05 (letras minúsculas)

DMS/ linha = 0,06 (letras maiúsculas)

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

ANEXO F

TABELA F1 – Resultados das determinações dos açúcares redutores (% glicose) da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C) e armazenadas a $-22,6^{\circ}\text{C}$ durante o período de 180 dias.

<u>Tratamentos</u>	<u>Açúcares redutores</u>						
	<u>Tempo de armazenamento (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
Convencional	3,69	3,70	3,78	3,82	3,85	3,86	3,80
Kryostat	3,61	3,82	3,68	3,86	3,57	3,84	3,74
Imersão	3,73	3,78	3,86	3,79	3,71	3,85	3,76

Médias de três determinações

ANEXO G

TABELA G1 – Resultados das determinações dos açúcares não redutores (% sacarose) da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C) e armazenadas a $-22,6^{\circ}\text{C}$ durante o período de 180 dias.

<u>Tratamentos</u>	<u>Açúcares não redutores</u>						
	<u>Tempo de armazenamento (dias)</u>						
	0	30	60	90	120	150	180
Convencional	2,99	3,00	2,79	2,88	2,91	2,85	2,83
Kryostat	2,86	2,91	2,85	2,90	3,14	2,86	2,85
Imersão	2,95	3,20	2,89	2,93	3,04	2,94	2,86

Médias de três determinações

ANEXO H

TABELA H1 – Resultados das determinações dos açúcares totais da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), submetida a três métodos de congelamento inicial, (freezer convencional a $-22,6^{\circ}\text{C}$, kryostat a -110°C e por imersão em nitrogênio líquido a -196°C) e armazenadas a $-22,6^{\circ}\text{C}$ durante o período de 180 dias.

<u>Tratamentos</u>	<u>Açúcares totais</u>						
	<u>Tempo de armazenamento (dias)</u>						
	<u>0</u>	30	60	90	120	150	180
Convencional	6,84	6,86	6,73	6,86	6,92	6,86	6,78
Kryostat	6,64	6,89	6,70	6,93	6,89	6,86	6,75
Imersão	6,85	7,16	6,92	6,88	6,92	6,95	6,79

Médias de três determinações

ANEXO I

TABELA II – Análise de variância de sólidos solúveis (°Brix) da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento em função do tempo de armazenagem.

Análise de variância				
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	0.0805	0.0402	370.83 **
Tempo	6	4.4784	0.7464	6878.99 **
Tratamento x tempo	12	0.6383	0.0532	490.21 **
Resíduo	42	0.0046	0.0001	
Total	62	5.2017		

** : Significativo a nível de 1% de probabilidade

* : Significativo a nível de 5% de probabilidade

n.s: não significativo

TABELA I2 – Comparação entre as médias de sólidos solúveis (°Brix) para os três métodos de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
Conv.* 10,5786 b	0	9,9600 g
Kry.* 10,5500 c	30	10,5867 f
Imer.* 10,6357 a	60	10,6267 e
	90	10,6500 d
	120	10,7600 b
	150	10,7200 c
	180	10,8133 a

Conv.* – Convencional; Kry.* – Kryostat; Imer.* – Imersão

DM1= 0,0078

DM2 = 0,0152

MG = 10.5881

CV% = 0,0984

TABELA I3 – Valores de sólidos solúveis para a interação tratamento x tempo e resultados do teste de Tukey ao nível de 5%.

Trat.	<u>Sólidos solúveis (°Brix)</u>																				
	<u>Tempo (dias)</u>																				
	0		30		60		90		120		150		180								
Conv.	a	9,96	G	b	10,52	F	b	10,56	E	a	10,85	A	b	10,76	B	a	10,72	C	b	10,68	D
Kryost.	a	9,96	F	b	10,52	E	b	10,56	D	b	10,65	C	c	10,56	D	a	10,72	B	a	10,88	A
Imersão	a	9,96	F	a	10,72	D	a	10,76	C	c	10,45	E	a	10,96	A	a	10,72	D	a	10,88	B

Conv. – Convencional; Kryost. – Kryostat; Imersão

DMS/ coluna = 0,02 (letras minúsculas)

DMS/ linha = 0,03 (letras maiúsculas)

Observação: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

ANEXO J

TABELA J1– Análise de variância do pH da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento em função do tempo de armazenagem.

Análise de variância				
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	0.1270	0.0635	1.00 ns
Tempo	6	0.3810	0.0635	1.00 ns
Tratamento x tempo	12	0.7619	0.0635	1.00 ns
Resíduo	42	2.6667	0.0635	
Total	62	3.9365		

** : Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* : Significativo ao nível de 5% de probabilidade

n.s: não significativos

TABELA J2 – Comparação entre as médias do pH para os três métodos de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Período de tempo (dias)	Médias de tempo
Conv.* 1,9048 a	0	2,0000 a
Kry.* 2,0000 a	30	2,0000 a
Imer.* 2,0000 a	60	2,0000 a
	90	1,7778 a
	120	2,0000 a
	150	2,0000 a
	180	2,0000 a

Conv.* - Convencional; Kry.* - Kryostat; Imer.* - Imersão

DM1= 0,1888

DM2 = 0,3678

MG = 1,9683

CV% = 12,8020

ANEXO L

TABELA L1 – Análise de variância da avaliação sensorial do atributo aparência da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento em função do tempo de armazenagem.

Análise de variância				
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	17.2579	8.6290	5.76 **
Tempo	6	12.4897	2.0816	1.39 ns
Tratamento x tempo	12	16.2532	1.3544	0.90 ns
Resíduo	609	912.3000	1.4980	
Total	629	958.3008		

** : Significativos a nível de 1% de probabilidade

* : Significativos a nível de 5% de probabilidade

n.s: não significativos

TABELA L2 – Comparação entre as médias da aparência para os três métodos de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Períodos de tempo (dias)	Médias de tempo
Conv.* 7,4800 b	0	7,4556 a
Kry.* 7,8810 a	30	7,6111 a
Imer.* 7,7381 ab	60	7,9333 a
	90	7,7667 a
	120	7,6667 a
	150	7,6667 a
	180	7.8000 a

Conv.* - Convencional; Kry.* - Kryostat; Imer.* - Imersão

DM1 = 0,2813

DM2 = 0,5406

MG = 7,7000

CV% = 15,8953

ANEXO M

TABELA M1 – Análise de variância da avaliação sensorial do atributo cor da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento em função do tempo de armazenagem.

Análise de variância				
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	7.3987	3.6993	2.93 ns
Tempo	6	8.0622	1.3437	1.06 ns
Tratamento x tempo	12	10.5569	0.8797	0.70 ns
Resíduo	609	768.9667	1.2627	
Total	629	794.9844		

** : Significativos a nível de 1% de probabilidade

* : Significativos a nível de 5% de probabilidade

n.s: não significativos

TABELA M2 – Comparação entre as médias da cor para os três métodos de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Períodos de tempo (dias)	Médias de tempo
Conv.* 7,6524 a	0	7,6444 a
Kry.* 7,8952 a	30	7,7000 a
Imer.* 7,8667 a	60	7,8556 a
	90	8,0000 a
	120	7,8667 a
	150	7,6667 a
	180	7,8444 a

Conv.* - Convencional; Kry.* - Kryostat; Imer.* - Imersão

DM1 = 0,2582

DM2 = 0,4963

MG = 7,8048

CV% = 14,3974

ANEXO N

TABELA N1 – Análise de variância da avaliação sensorial do atributo odor da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento em função do tempo de armazenagem.

Análise de variância				
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	1.9812	0.9906	0.66 ns
Tempo	6	10.7082	1.7847	1.18 ns
Tratamento x tempo	12	16.3966	1.3664	0.90 ns
Resíduo	609	920.0000	1.5107	
Total	629	949.0859		

** : Significativos a nível de 1% de probabilidade

* : Significativos a nível de 5% de probabilidade

n.s: não significativos

TABELA N2 – Comparação entre as médias de odor para os três métodos de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Períodos de tempo (dias)	Médias de tempo
Conv.* 7,6857 a	0	7,4556 a
Kry.* 7,7810 a	30	7,7667 a
Imer.* 7,6476 a	60	7,7778 a
	90	7,9111 a
	120	7,6667 a
	150	7,7111 a
	180	7,6444 a

Conv.* - Convencional; Kry.* - Kryostat; Imer.* - Imersão

DM1= 0,2824

DM2 = 0,5428

MG = 7,7048

CV% = 15,9524

ANEXO O

TABELA O1 – Análise de variância da avaliação sensorial do atributo sabor da polpa de umbu maduro submetida a três métodos de congelamento em função do tempo de armazenagem.

Análise de variância				
Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamento	2	2.1858	1.0929	0.85 ns
Tempo	6	4.5096	0.7516	0.58 ns
Tratamento x tempo	12	4.9475	0.4123	0.32 ns
Resíduo	609	784.9000	1.2888	
Total	629	796.5430		

** : Significativos a nível de 1% de probabilidade

* : Significativos a nível de 5% de probabilidade

n.s: não significativos

TABELA O2 – Comparação entre as médias de sabor para os três métodos de congelamento e para os diferentes períodos de tempo.

Médias de tratamento	Períodos de tempo (dias)	Médias de tempo
Conv.* 7,8238 a	0	7,7444 a
Kry.* 7,8048 a	30	7,7111 a
Imer.* 7,6905 a	60	7,9667 a
	90	7,7889 a
	120	7,7111 a
	150	7,7778 a
	180	7,7111 a

Conv.* - Convencional; Kry.* - Kryostat; Imer.* - Imersão

DM1= 0,2609

DM2 = 0,5014

MG = 7,7730

CV% = 14,6052