



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISSERTAÇÃO
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ARMAZENAMENTO
E PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRICOLAS**

DESIDRATAÇÃO DE POLPA DE UMBU

PABLÍCIA OLIVEIRA GALDINO

**Campina Grande - Paraíba
SETEMBRO – 2003**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA UFCG**

G1492
2003

Galdino, Pablicia Oliveira
Desidratação de polpa de umbu/Pablicia
Oliveira Galdino. – Campina Grande: UFCG, 2003.
92p.: il.

Inclui bibliografia
Dissertação (Mestrado) UFCG, CC/T/DEag.

1. Umbu - armazenamento 2. Umbu - foam-mat.
I. Título

CDU: 634.442

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

DESIDRATAÇÃO DE POLPA DE UMBU

PABLÍCIA OLIVEIRA GALDINO

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Armazenamento e Processamento
de Produtos Agrícolas**

ORIENTADORES: Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Profª. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

Campina Grande – Paraíba

SETEMBRO, 2003



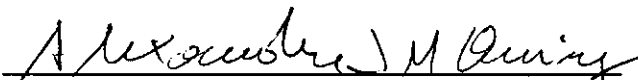
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

PABLÍCIA OLIVEIRA GALDINO

DESIDRATAÇÃO DE POLPA DE UMBU

BANCA EXAMINADORA


PARECER


Dr. Alexandre José de M. Queiroz-Orientador

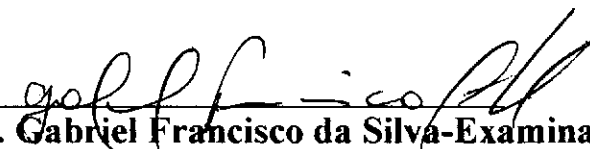
APROVADA


Dra. Rossana Maria F. de Figueiredo-Orientadora

Aprovada


Dr. Francisco de Assis Santos e Silva-Examinador

APROVADA


Dra. Gabriel Francisco da Silva-Examinador

APROVADA

SETEMBRO - 2003

*A minha mãe, Lúcia de Fátima
Oliveira Galdino, DEDICO.*

*A meu pai, Ademar Galdino Correia,
OFEREÇO.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo na minha vida.

A meus pais, Ademar Galdino Correia e Lúcia de Fátima Oliveira Galdino, pelo carinho, dedicação constante e grande apoio nos momentos mais difíceis, dando total suporte para finalização deste trabalho.

A meus irmãos, Pábblo e Plúvia, pela amizade e atenção dedicada.

A Franklin, pelo amor e companheirismo nesse tempo e, principalmente, nos momentos em que mais precisei.

A Capes, pela bolsa concedida.

Aos orientadores, Dr. Alexandre José de Melo Queiroz e Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, pela orientação, atenção e amizade durante a realização do mestrado.

Aos professores do mestrado, Dr. Mário Eduardo R.M. Cavalcanti Mata, Dra. Maria Elita Duarte Braga, Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida, Dra. Josivanda Palmeira Gomes de Gouveia e Dr. Francisco de Assis Santos e Silva.

À secretária da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Rivanilda Diniz, pela inestimável colaboração.

Aos meus grandes amigos de pós-graduação, Lucicléia, Ranilda, Jeanne, Mércia, Concita, Grangeiro e Diniz, que participaram comigo de todos os momentos, com dedicação, até o término deste curso.

A Scnaymenn, Marcelo, Edênia, Helen, Carmelita, Milene, Daniele, Alessandra e Sheila.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola, pela colaboração, enriquecendo esta dissertação.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELA.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	01
1.1. Objetivos.....	02
1.1.1. Objetivos específicos.....	02
CAPÍTULO 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
2.1. O umbu.....	04
2.2. Perdas pós-colheita.....	08
2.3. Características físico – químicas.....	09
2.3.1. Sólidos totais / umidade.....	10
2.3.2. Sólidos solúveis totais (°Brix).....	11
2.3.3. pH.....	12
2.3.4. Vitamina C.....	13
2.3.5. Acidez total titulável.....	14

2.3.6. Açúcares.....	15
2.3.7. Cinzas.....	16
2.4. Secagem.....	17
2.4.1. Secagem em camada de espuma.....	18
2.5. Aditivos.....	20
2.6. Embalagens.....	21
2.6.1. Polietileno.....	23
2.6.2. Laminada.....	24
2.7. Isotermas de sorção de umidade.....	25
2.8. Cor.....	27
CAPÍTULO 3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1. Local de realização do trabalho.....	31
3.2. Matéria-prima.....	31
3.3. Caracterização da polpa de umbu.....	31
3.3.1. pH.....	31
3.3.2. Sólidos solúveis totais (°Brix).....	32
3.3.3. Sólidos totais / umidade.....	32
3.3.4. Acidez total titulável.....	32
3.3.5. Ácido ascórbico.....	32
3.3.6. Açúcares redutores	32
3.3.7. Cinzas.....	33
3.3.8. Densidade.....	33
3.3.9. Cor.....	33

3.4. Desidratação.....	33
3.5. Armazenamento da polpa de umbu em pó.....	34
3.5.1. Análise estatística.....	34
3.6. Isotermas de adsorção de umidade.....	34
3.6.1. Umidade de equilíbrio.....	36
3.6.2. Modelos matemáticos.....	37
3.6.2.1. Erros experimentais.....	38
CAPÍTULO 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1. Caracterização da matéria-prima.....	40
4.2. Armazenamento da polpa de umbu em pó.....	41
4.2.1. Umidade.....	41
4.2.2. Ácido ascórbico.....	43
4.2.3. pH.....	45
4.2.4. Acidez total titulável.....	48
4.2.5. Açúcares redutores.....	50
4.2.6. Luminosidade.....	52
4.2.7. Intensidade de vermelho (a).....	54
4.2.8. Intensidade de amarelo (b)	56
4.3. Atividade de água.....	59
CAPÍTULO 5. CONCLUSÕES.....	67
CAPÍTULO 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Umbuzeiro	5
Figura 3.1. Estabilização da umidade de equilíbrio (%b.s.) da polpa de umbu em pó em câmara do tipo B.O.D.	36
Figura 4.1. Isotermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustada pelo modelo de GAB	63
Figura 4.2. Isotermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustada pelo modelo de Peleg	64
Figura 4.3. Isotermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustada pelo modelo de Oswin	65
Figura 4.4. Isotermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustada pelo modelo de Langmuir	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1. Composição química dos frutos do umbuzeiro (<i>Spondias tuberosa</i> Arruda Câmara)	6
Tabela 2.2. Parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu determinados por alguns autores	8
Tabela 3.1. Atividade de água das soluções saturadas de sais	35
Tabela 4.1. Caracterização da polpa de umbu (valores médios)	41
Tabela 4.2. Análise de variância dos valores médios de umidade (%) da polpa de umbu em pó	42
Tabela 4.3. Valores médios de umidade (%) do umbu em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento	43
Tabela 4.4. Análise de variância dos valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de umbu em pó	44
Tabela 4.5. Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do umbu em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento	45
Tabela 4.6. Análise de variância dos valores médios do pH na embalagem laminada da polpa de umbu em pó	46
Tabela 4.7. Valores médios do pH do umbu em pó na embalagem laminada durante o armazenamento	47
Tabela 4.8. Análise de variância dos valores médios do pH na embalagem de polietileno da polpa de umbu em pó	47
Tabela 4.9. Valores médios do pH do umbu em pó na embalagem de polietileno durante o armazenamento	48
Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (%ácido cítrico) na embalagem laminada da polpa de umbu em pó	49
Tabela 4.11. Valores médios da acidez total titulável (%ácido cítrico) do umbu em pó durante o armazenamento em embalagem laminada	49
Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios do teor de acidez na	50

	embalagem de polietileno da polpa de umbu em pó	
Tabela 4.13.	Valores médios do teor de acidez do umbu em pó na embalagem de polietileno durante o armazenamento	51
Tabela 4.14.	Análise de variância dos valores médios do teor de açúcares redutores da polpa de umbu em pó	51
Tabela 4.15.	Valores médios de açúcares redutores (%glicose) do umbu em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento	53
Tabela 4.16.	Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L) da polpa de umbu em pó	53
Tabela 4.17.	Valores médios do parâmetro luminosidade (L) do umbu em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento	55
Tabela 4.18.	Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu em pó na embalagem laminada	55
Tabela 4.19.	Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu em pó na embalagem de polietileno	56
Tabela 4.20.	Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho ($+a^*$) do umbu em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento	57
Tabela 4.21.	Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (b^*) do umbu em pó na embalagem laminada	57
Tabela 4.22.	Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (b^*) do umbu em pó na embalagem de polietileno	58
Tabela 4.23.	Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (b^*) do umbu em pó nas diferentes embalagens durante o armazenamento	59
Tabela 4.24.	Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) para as diferentes atividades de água (a_w) da polpa de umbu em pó, nas três temperaturas estudadas.	60
Tabela 4.25.	Parâmetros de ajuste dos modelos testados da isoterma de adsorção da polpa de umbu em pó, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C	62



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Pós-Graduação em Engenharia Agrícola

Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

Dissertação de Mestrado: **DESIDRATAÇÃO DE POLPA DE UMBU**

Autora: **Pablícia Oliveira Galdino**

Orientadores: **Prof. Alexandre José de Melo Queiroz**

Prof.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

RESUMO

Este trabalho foi realizado com o objetivo de se produzir polpa integral a partir do despulpamento de umbus (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) maduros, desidratá-la, pulverizá-la, caracterizá-la e estudar sua estabilidade mediante o acompanhamento da evolução de suas propriedades durante o armazenamento por um período de 60 dias, em dois tipos de embalagem, sendo uma laminada e outra de polietileno, expostos a temperatura ambiente. O umbu em pó foi obtido mediante a desidratação pelo método “foam-mat”, com secagem em estufa com circulação de ar e temperatura de secagem de 70°C. A caracterização da polpa integral consistiu na determinação de pH, sólidos solúveis totais (°Brix), sólidos totais, umidade, ácido ascórbico, cinzas, acidez total titulável, açúcares redutores, densidade e cor. Na polpa em pó foram determinados umidade, ácido ascórbico, pH, acidez total titulável, açúcares redutores, cor e isotermas de adsorção de umidade. No estudo da estabilidade da polpa de umbu em pó durante o armazenamento nas duas embalagens, em temperatura ambiente, observou-se, após 60 dias de armazenamento, reduções nos valores de ácido ascórbico e açúcares redutores nas amostras de ambas as embalagens. Nas duas embalagens as amostras passaram por aumentos no teor de umidade e em acidez total titulável. Nos parâmetros de cor as amostras em embalagem laminada mantiveram as características iniciais por todo o período de armazenamento, enquanto na embalagem de polietileno os parâmetros luminosidade e intensidade de amarelo sofreram redução, resultado do escurecimento dos materiais. Em todas as características avaliadas as

reduções ou aumentos verificados ao longo do armazenamento, ocorreram em menores proporções nos materiais em embalagens laminadas, indicando uma melhor conservação das amostras nesse tipo de acondicionamento. Das equações utilizadas para o ajuste das isotermas de adsorção de umidade a de PELEG resultou nos melhores ajustes, com coeficientes de determinação (R^2) acima de 0,9 e desvios percentuais médios inferiores a 10%.

Palavras chave: umbu, foam-mat, armazenamento



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
Pós-Graduação em Engenharia Agrícola
Área de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

Dissertação de Mestrado: **DESIDRATAÇÃO DE POLPA DE UMBU**

Autora: **Pablícia Oliveira Galdino**

Orientadores: **Prof. Alexandre José de Melo Queiroz**

Prof.^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo

ABSTRACT

This work was accomplished with the aim of produce integral pulp starting from the mature *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, to dehydrate it, to spray it, to characterize it and to study its stability by means of the evolution of its properties during the storage for 60 days, in two packing types, being a laminate one and another in polyethylene leaf, exposed in temperature sets. The *Spondias tuberosa* Arruda Câmara powder was obtained by dehydration means by the "foam-mat" method with drying in stove with circulation of air and temperature of 70°C. The characterization of the integral pulp consisted of the pH determination, total soluble solids (°Brix), total solids, moisture, ascorbic acid, ashes, total acidity, reducers sugars, density and color. In the powdered pulp they were certain moisture, ascorbic acid, pH, total acidity, reducers sugars, color and moisture adsorption isotherms. In the study of the stability of the powdered pulp during the storage in the two packings, at room temperature, it was observed, after 60 days, reductions in values of ascorbic acid, pH and reducers sugars in the samples of both packings. In the two packings the samples went by increases in the moisture text and in total acidity. In the color parameters the samples in laminate packing maintained the initials characteristics for the whole storage period, while in the polyethylene packing the brightness parameters and yellow intensity suffered reduction, result of the materials darkening. In all the appraised characteristics the reductions or increases verified along the storage, happened in smaller proportions in the materials in laminate packings, indicating a better conservation of the samples in that packings. Of the models used for the moisture adsorption isotherms fitting

the one of Peleg it resulted in the best fittings, with determination coefficients (R^2) above 0,9 and medium percentile deviations minor to 10%.

Key words: *Spondias tuberosa* Arruda Câmara, foam-mat, storage

1. INTRODUÇÃO

Frutas "in natura" se constituem em materiais tipicamente perecíveis, compostos por tecidos vivos sujeitos a modificações contínuas e relativamente rápidas após a colheita. Por se tratar de produtos com picos de produção geralmente concentrados em tempos curtos e com características sazonais, demandam armazenamento, visando equilibrar as flutuações do mercado entre a colheita e a procura pelos consumidores, podendo ainda ser armazenados a longo termo, para aumentar o período de comercialização após o final da estação de colheita. O tempo disponível para a comercialização pode ser prolongado em razão do armazenamento, em condições tais que seja preservada a sua qualidade. O grau de perecibilidade da maioria dos produtos frutícolas está relacionado com a sua fase de desenvolvimento. Produtos que se desenvolvem rapidamente, como os morangos, são mais perecíveis que os que possuem desenvolvimento lento, como as maçãs; contudo, outros fatores também influenciam a duração do armazenamento salientando-se, entre eles, a taxa respiratória, a produção de etileno e fatores genéticos que controlam o desenvolvimento e o comportamento do órgão vegetal na fase pós-colheita e também suas diferenças morfológicas e fisiológicas (CHITARRA & PRADO, 2000).

Apesar da inexistência de estatísticas oficiais, o desperdício de frutas no Brasil é estimado em mais de 40% da produção, ou seja, mais de 14 milhões de toneladas. Enquanto essa perda supera a produção total de muitos países da América Latina, mais de 30% da população brasileira não têm acesso a nenhum tipo de fruta. As perdas de frutas após a colheita em países desenvolvidos, são estimadas entre 5 e 25%, enquanto nos países em desenvolvimento chega a 50% (SILVA, 1995).

O umbu é um produto nutricionalmente importante e se constitui, também, em uma fonte de renda para as famílias dos agricultores da região semi-árida do Nordeste. No entanto, como outras frutas, está sujeito aos efeitos da sazonalidade e perecibilidade. Na época de safra, entre os meses de dezembro e março, ocorre excesso de oferta desta fruta que, uma vez colhida e em condições ambientais de preservação, dura entre dois e três dias.

Em consequência disso é comum se verificar, durante o pico produtivo, perda de parte da produção, pelo excesso de maturação e ausência de uma infra-estrutura adequada (MAIA et al., 1998).

O crescente interesse dos consumidores por frutos tropicais, aliado ao número cada vez maior de pequenas indústrias de processamento de frutos destinadas à produção de polpa, tem despertado o interesse dos agricultores no sentido de participarem de um mercado que já soma 6 milhões de reais/ano na coleta e comercialização do fruto do umbuzeiro (SANTOS, 1998).

A desidratação de polpa de frutas com o objetivo de diminuir sua atividade de água, com conseqüente prolongamento da vida de prateleira e do tempo de armazenabilidade do produto, é um dos métodos de conservação disponíveis, impedindo a deterioração e perda do valor comercial. Além disso, introduz um novo produto no mercado, com características próprias e cujas propriedades se mantêm por um tempo mais prolongado, viabilizando a regularização da oferta e melhorando o perfil do investimento na produção e no beneficiamento do material “in natura”, face aos benefícios que se derivam da transformação do produto (SOARES, 2001).

1.1. Objetivo geral

Objetivou-se o presente trabalho para produzir, caracterizar e avaliar a estabilidade da polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em pó, elaborada pelo método de desidratação “foam-mat”.

1.1.1. Objetivos específicos

- a) Produzir polpa de umbu em pó, a partir de polpa de umbus maduros.

- b) Caracterizar, fisico-quimicamente, a polpa de umbu integral produzida em despoldadeira.
- c) Armazenar polpas de umbu em pó por 60 dias, em embalagens de polietileno e laminada, submetidas às condições ambientais, avaliando-se a evolução de suas características químicas, físicas e fisico-químicas por meio dos parâmetros ácido ascórbico, umidade, pH, acidez total titulável, açúcares redutores e cor.
- d) Estudar o equilíbrio higroscópico das polpas de umbu em pó por meio do levantamento das isotermas de adsorção de umidade, utilizando-se o método gravimétrico estático, com soluções saturadas de sais nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. O umbu

escolher
O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é uma planta pertencente à família Anacardiaceae, endêmica do semi-árido brasileiro, destacando-se pela possibilidade de ser cultivado em larga escala, visto que pode ser aproveitado de diversas formas, tanto para alimentação humana quanto para a suplementação alimentar de animais, especialmente caprinos e ovinos, que constituem os rebanhos predominantes nessa região (CAVALCANTI et al., 2000).

O umbuzeiro perde totalmente as folhas durante a época seca e se reveste de folhas após as primeiras chuvas. A floração pode iniciar-se após as primeiras chuvas, independentemente da planta estar ou não enfolhada; a abertura das flores dá-se entre 0 hora e quatro horas (com pico às 2 horas). Após 60 dias da abertura da flor o fruto estará maduro. A frutificação inicia-se em período chuvoso e permanece por 60 dias. A sobrevivência do umbuzeiro, através de tantos períodos secos, deve-se à existência dos xilopódios que armazenam reservas, que nutrem a planta em períodos críticos de água. Suas raízes são verdadeiros reservatórios de água, servindo também para comer; as folhas são apreciadas como alimento pelo gado, sua produção é elevada e cada árvore dá 300 kg/ano de frutos.

Agrofloresta
O umbuzeiro é uma árvore com altura variando de 4 a 7 m, com tronco muito curto, revestido por casca lisa, de 40-60cm de diâmetro (Figura 2.1). A copa da árvore é baixa, podendo atingir de 10 m a 15 m de diâmetro projetando sombra densa sobre o solo e vida longa, que chega a até 100 anos (EPSTEIN, 1998).



Figura 2.1. 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 pesa de 10 a 20g, tem forma redonda ou oblonga. 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). É consumido tanto na forma de fruta in natura quanto industrializado na forma de sucos, polpas, doces, sorvetes, geléia e outros, demonstrando a grande capacidade que essa planta tem para contribuir com o desenvolvimento da região semi-árida, de forma especial com a industrialização caseira dos produtos dele derivados.

O umbu é um fruto de propagação sexuada e assexuada, realizada através da semente com bom índice de germinação, de estacas de ramo ou de enxertia. Na propagação sexual do umbu, a semente se localiza na parte central do fruto e se constitui de uma massa de células duras e lignificadas, no interior do qual se encontram os lóculos que contêm a semente (GALVÃO, 2002). Além de características diversas, como tamanho e espessura de polpa, frutos oriundos de variedades botânicas distintas normalmente apresentam diferenças

de composição química entre si, importantes como parâmetro de aferição de qualidade e de aceitabilidade comercial.

Em decorrência do papel social que desempenha para as populações rurais das regiões mais secas do Nordeste, fornece frutos saborosos e nutritivos e túberas radiculares doces e ricas em água; seus frutos são consumidos pelo homem, sob diversas formas. As túberas são usadas nos sertões de Pernambuco e da Bahia para a fabricação dos apreciados “doces de cafofa”. O chá da casca do caule é também recomendado para o tratamento de diarreias e de outras moléstias. A folhagem, os frutos e as túberas, servem de alimento para os animais domésticos (bovinos, caprinos, ovinos e outros) e para os animais silvestres, especialmente para veados e cágados (MENDES, 2001).

O conhecimento da composição físico-química de um fruto é importante sob muitos aspectos e, particularmente, para o processamento de doce em massa, é imprescindível o conhecimento do pH, pectina e açúcares totais, para balanceamento correto da relação polpa: açúcar e acidez, a fim de resultar em um produto de bom paladar e estável durante o armazenamento (RAUCH, 1987). A determinação de vitamina C também é significativa, pois durante o armazenamento pode oxidar e contribuir para o escurecimento do produto. Umbu, por ser uma cultura ainda no estágio extrativista, poucos estudos têm sido feitos a respeito da sua composição físico-química em função do estágio de amadurecimento, particularmente sobre o teor de pectina solúvel e total, sendo a única contribuição a este respeito, o trabalho realizado por NARAIN et al. (1992).

Atualmente, a exploração do umbuzeiro é feita de forma extrativista em grande parte no Nordeste em que a Bahia responde por 85% da produção nacional (IBGE, 1996). A produtividade estimada do umbuzeiro é de 300 a 400 kg fruto na safra anual. MENDES (1990) afirma que essa planta vive mais de cem anos, chegando a produzir mais de 300 kg de frutos por safra.

O umbu é uma das principais fontes de vitamina C dos sertanejos, pois o fruto verde possui 33,3 mg e o fruto maduro, 14,2 mg de ácido ascórbico por 100ml. O fruto do umbuzeiro possui 87% de umidade e seu endocarpo é rico em gordura e proteína. A mistura da casca com a polpa revelou teores mais elevados de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, ferro e alumínio, quando comparada com a semente (MENDES, 2001).

Entre os estudos mais recentes sobre a composição química dos frutos do umbuzeiro, encontram-se as pesquisas realizadas pela SEAGRI (2003) cujos resultados estão apresentados na (Tabela 2.1).

Tabela 2.1. Composição química dos frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara)

DETERMINAÇÕES	VALORES
Calorias (cal)	44
Proteínas (g)	0,6
Cálcio (mg)	20
Fósforo (mg)	14
Ferro (mg)	2
Vitamina A (mg)	30
Vitamina B ₁ (mg)	0,04
Vitamina B ₂ (mg)	0,04
Vitamina C (mg)	33

Fonte: SEAGRI (2003)

Na Tabela 2.2 é apresentada a média dos valores determinados por alguns autores, na caracterização química e físico-química para polpa de umbu.

Tabela 2.2. Parâmetros químicos e físico-químicos da polpa de umbu determinados por alguns autores

PARÂMETROS	ALMEIDA (1999)	FERREIRA (2000)	LIMA (2002)
pH	2,49	2,21	2,24
Sólidos solúveis (°Brix)	10,0	10,03	10,2
Umidade (%)	-	91,33	87,63
Acidez Titulável (% ac. cítrico)	1,07	1,45	1,71
Açúcares totais (% glicose)	7,44	6,25	7,89
Açúcares redutores (% glicose)	3,64	3,60	4,78
Açúc. não-redutores (% sacarose)	3,80	2,52	3,05
Cinzas (%)	-	0,53	0,33

2.2. Perdas pós-colheita

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) a pós-colheita se inicia, portanto, no momento da separação do produto comestível de seu meio por ato deliberado, com a intenção de se utilizar como alimento, e termina quando o mesmo é submetido ao processo de preparação para o consumo final. A quantificação das perdas de alimento se torna a cada ano problemática: pois muitos são os fatores que as determinam, dentre os quais, se citam: os processos inadequados de manuseio, transporte e armazenamento, além de outros tipos de dano que ocorrem na fase pós-colheita. Esses mesmos autores relataram que as perdas atingem montantes expressivos nos trópicos e são especialmente relacionadas com produtos altamente perecíveis, como os frutos e as hortaliças, designados por não se conservarem por longos espaços de tempo sendo, em alguns casos, mantidos por apenas alguns dias ou, no máximo, semanas.

O Brasil ocupa, hoje, a posição de segundo produtor mundial de frutas, com volume de aproximadamente 35 milhões de toneladas por ano. Entretanto, grande parte deste total não chega a mesa do consumidor. Alguns trabalhos em nível internacional citam valores de

20 a 80% de perdas pós-colheita, para diversas frutas produzidas nos países em desenvolvimento. Segundo dados da Fundação Getúlio Vargas, as perdas em pós-colheita no Brasil variam de 15% para laranja e a 40% para banana e abacate. Um trabalho realizado pelo Instituto de Economia Agrícola avaliando as perdas durante a comercialização, na cidade de São Paulo, revelou dados surpreendentes. Segundo esta pesquisa, o volume de perdas para frutas, no segmento varejista, totaliza 80.340 toneladas por ano, o que representa 10,4% do total comercializado naquela cidade e equivale a R\$ 55,77 milhões as perdas ocorrem em toda a cadeia produtiva, desde o produtor até o consumidor final. As perdas na unidade de produção podem ser devidas tanto a produtos danificados, defeituosos, fora de padrão, como à falta de planejamento da produção. Em espécies com sazonalidade de produção é comum perda elevada em virtude da dificuldade de comercialização. As maiores perdas, entretanto, ocorrem durante a comercialização e se devem, sobretudo a embalagem, manuseio e transporte inadequados, técnicas de conservação incipientes, falta de seleção e padronização, entre outros fatores (JACOMINO, 2003).

As perdas pós-colheita têm importante significado não só do ponto de vista econômico como, também nutricional, sendo um problema de complexidade científica e tecnológica. Para minimizar as perdas pós-colheita, o desenvolvimento de novas tecnologias se faz necessário. Pesquisas recentes têm evidenciado o efeito dos nutrientes minerais e, particularmente, do cálcio, na manutenção da qualidade de frutas e hortaliças; além disso, um dos procedimentos mais importantes para a conservação de alimentos por diminuição de sua atividade de água, é a desidratação ou secagem, possibilitando a comercialização de alimentos por longo período de tempo (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

2.3. Características físico-químicas

A qualidade interna dos frutos e suas características físicas são conferidas por um conjunto de constituintes físico-químicos e químicos da polpa, responsáveis pelo sabor e aroma característicos e que são importantes na sua aceitação final. Sabe-se que as

condições climáticas, estádios de maturação, diferenças de variedades e nutrição mineral das plantas, exercem influência acentuada na composição química dos frutos (THE, 2001).

CHITARRA & CHITARRA (1990) mencionaram que os principais compostos químicos responsáveis pelo sabor dos frutos são açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos.

2.3.1. Sólidos totais/umidade

A determinação de sólidos totais em uma amostra é de extrema importância, pois a quantidade da matéria seca serve para comparar o valor nutritivo de dois ou mais alimentos e dá idéia de preservação. Os sólidos totais são obtidos pela diferença entre o peso total da amostra e o teor de umidade (CECCHI, 1999).

Quando um produto é aquecido em condições que permitam a remoção da água, ocorrerá perda de peso, a qual corresponde à umidade do produto. O resíduo no aquecimento direto é chamado resíduo seco (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

Os frutos são alimentos que apresentam elevado teor de umidade e, por isso, estão sujeitos a inúmeras alterações, já que a água é o principal veículo responsável pelas alterações de natureza química e bioquímica nos alimentos (BRASIL & GUIMARÃES, 1998).

CECCHI (1999) relatou que a determinação de umidade é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos. A umidade de um alimento está relacionada à sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar os seguintes itens:

- **Estocagem:** alimentos estocados com alta umidade se deterioram mais rapidamente que os que possuem baixa umidade

- **Embalagem:** alguns tipos de deterioração podem ocorrer em determinadas embalagens se o alimento apresentar umidade excessiva. Por exemplo, a velocidade do escurecimento em vegetais e frutas desidratadas ou a absorção de oxigênio (oxidação) em ovo em pó, podem aumentar com o aumento da umidade, em embalagens permeáveis à luz e ao oxigênio
- **Processamento:** a quantidade de água é importante no processamento de vários produtos como, por exemplo, a umidade do trigo na fabricação de pão e produtos de padaria.

2.3.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)

°Brix é a porcentagem, em grama, de sólidos que se encontram dissolvidos no suco ou na polpa. No caso de frutas, esses sólidos aquo-solúveis são constituídos por: açúcar (68 a 85% dos sólidos dissolvidos), ácidos orgânicos, sais minerais, vitamina C e do complexo B e de outras substâncias aquo-solúveis (FAPEP/SINE, 1997).

Quanto maior a quantidade de sólidos solúveis existentes, menor será a quantidade de açúcar a ser adicionada na indústria quando os frutos são processados, diminuindo o custo de produção e aumentando a qualidade do produto (RODRIGUES et al., 1977).

À medida que as frutas vão amadurecendo, o amido é hidrolisado em açúcares complexos e estes são transformados em açúcares simples. Conseqüentemente, com a maturação da fruta o seu teor de sólidos solúveis vai aumentando. Portanto, os sólidos solúveis podem ser considerados índice de maturação da fruta (BLEINROTH, 1988).

Segundo CARVALHO et alii (1990), a determinação do °Brix pode ser feita por aparelhos de leitura direta (refratômetro) ou indireta (densímetro de brix).

A importância de sólidos solúveis para agroindústria é enorme, pois auxilia no controle de qualidade do produto final, controle de processos, controle de ingredientes e de

produtos utilizados em indústrias: doces, sucos, néctares, polpas, leite condensado, álcool, açúcar, licores, bebidas em geral, sorvetes etc. (CIABOTTI, 2000).

2.3.3. pH

A concentração de íons hidrogênio (pH) de um alimento é importante pela influência que exerce sobre tipos de microrganismos aptos à sua multiplicação e, portanto, sobre as alterações que, logicamente, deveriam produzir (GAVA, 1998).

O pH ácido facilita a destruição de microrganismos pelo calor, permitindo que se utilize um tempo menor de esterilização e pasteurização minimizando, desta forma, os efeitos negativos do calor na qualidade das polpas de frutas (SILVA & JALALI, 1998).

Segundo ARAÚJO (1995), tanto o controle do crescimento quanto o desenvolvimento de microrganismos em alimentos por meio do uso de conservantes químicos, estão relacionados com o pH do meio. A forma não-dissociada da molécula é que confere a característica antimicrobiológica aos conservadores químicos. A concentração da forma não-dissociada aumenta com o aumento da acidez do alimento, garantindo maior eficiência no controle de microrganismos.

De acordo com a CETEC (1995) a formação da geléia está relacionada ao pH do suco ou da polpa da fruta. Algumas frutas, mesmo consideradas ácidas, necessitam da adição de acidulantes para que o gel se forme.

Segundo CHAVES (1993) vários fatores tornam importante a determinação do pH de um alimento, como: influência na palatabilidade, desenvolvimento de microrganismos, 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 que se trabalhará na indústria, escolha de aditivos e vários outros.

2.3.4. Vitamina C

As dietas de todas as espécies animais devem conter ácido ascórbico, para mantê-los em bom estado de saúde. Algumas espécies animais são capazes de sintetizá-lo, porém o homem não consegue fazê-lo e requer, portanto, a sua ingestão pela alimentação, para prevenção da sua deficiência. A FAO/OMS recomenda a ingestão diária de 30 mg de vitamina C para adultos de 13 a 50 anos; 50 mg durante a gestação e, para crianças de até 13 anos, 20mg. Acham-se, no reino vegetal, as fontes quase exclusivas do ácido ascórbico, sendo que as frutas contêm um teor de ácido ascórbico apreciável, incluindo-se, entre elas, a acerola, goiaba, caju e as demais frutas cítricas. Como se sabe, fatores como espécie, variedade, estado de evolução biológica, tratamento de solo, entre outros, influem sobre o teor de vitamina C nos alimentos, visto que às vezes se encontram valores não esperados nos produtos analisados (CAMARGO, 1984).

A vitamina C faz parte de um grupo de substâncias complexas necessárias ao funcionamento adequado do organismo. Cerca de 90% de vitamina C estão presentes em frutas e hortaliças. Na maioria dos frutos, o teor não excede a 0,3%. A goiaba e o caju também se encontram entre as principais fontes de vitamina C, com teores de 200 a 300 mg/ml de suco aproximadamente (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

NOGUEIRA (1991), relatou que a composição vitamínica dos alimentos depende de fatores como condições climáticas e de solo, luz, regime pluviométrico, estágio de maturação etc podendo, inclusive, ser modificada pelo processamento e armazenamento, condição que interferir-à no conteúdo de ácido ascórbico.

A vitamina C se caracteriza por se tratar de um vigoroso agente redutor, ácido dibásico, sólido cristalino branco, solúvel em água e estável na forma seca. Oxida-se facilmente em solução, especial em soluções aquosas para formar o ácido dehidroascórbico (DHAA). A oxidação pode ser acelerada em presença de cobre ou ferro em pH alcalino. O ácido ascórbico ocorre em quantidades significativas em vegetais folhosos e frutas e, também, em órgãos de animais, como fígado, rins e cérebro. Batatas, couve e frutas cítricas

são, provavelmente, as fontes mais importantes de vitamina C para a maioria da população. Os vegetais e as frutas, quando processados, sofrem sempre perda de nutrientes, sendo as únicas exceções aqueles em que a disponibilidade do nutriente é aumentada ou algum fator antinutricional é inativado. Além das perdas no processamento, há significativos fatores pré-processamento que influenciam o teor de nutrientes (ALDRIGUE, 2003).

Enfatizando-se a qualidade das frutas e de seus produtos tem-se que, a vitamina C é de extrema importância devido a sua pouca estabilidade, pois vários fatores físico-químicos influenciam em sua degradação, como o pH, por se tratar de uma vitamina termolábil, presença de oxigênio, luz, concentração de sal e açúcares, aminoácidos livres, por ser hidrossolúvel e a presença da enzima ascórbico-oxidase (CID et al., 1991; LÓPEZ et al., 1992; OLIVERA et al., 1996).

Outro fator relevante diz respeito ao conteúdo de vitamina C, que persiste nas frutas e seus produtos estão sujeito a uma variação considerável devido a uma multiplicidade de fatores, como o estado de amadurecimento e a posição da fruta na árvore, parâmetros usados para se processar a fruta em diferentes produtos, tipo de embalagem para manter o produto processado, fatores de produção e condições climáticas, tipo de fruta, manuseio e estocagem (NAGY, 1980).

Por suas características físico-químicas, a vitamina C, independe de sua ação biológica, é um importante parâmetro de qualidade das matérias-primas e serve de base para a otimização dos processos tecnológicos aplicados à comercialização dos produtos alimentícios, destacando-se que uma porcentagem adequada de retenção de vitamina C implica numa ótima retenção dos demais nutrientes (COUTO et al., 1998).

2.3.5. Acidez total titulável

A acidez é um parâmetro significativo na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. Geralmente, um processo de decomposição do alimento, seja por

hidrólise, oxidação ou fermentação, quase sempre altera a concentração dos íons de hidrogênio (OLIVEIRA, 1997).

A acidez é, usualmente, calculada com base no principal ácido presente, expressando-se o resultado como percentagem de acidez titulável e nunca da total, devido aos componentes ácidos voláteis que não são detectados (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

O teor de acidez total tende a aumentar com o decorrer do crescimento da fruta até que o seu completo desenvolvimento fisiológico, quando então começa a decrescer à medida que vai amadurecendo (SOLER et al., 1991).

A acidez é determinada por titulação com hidróxido de sódio. Os frutos perdem rapidamente a acidez com o processo de amadurecimento. Em alguns casos, ocorre pequeno aumento nos valores com a maturação. Em geral, os teores de acidez não excedem 1,5 a 2,0%, com raras exceções, como limão e espinafre, que podem conter teores acima de 3%. Alguns frutos também podem apresentar acidez muito baixa (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

2.3.6. Açúcares

Os açúcares são carboidratos facilmente digeríveis pelo organismo humano, que o converte em glicose e que, por sua vez, é dividido em dióxido de carbono e água, gerando então as calorias de que o corpo precisa. A glicose é comumente encontrada nos frutos e pode ser considerado um tipo de carboidrato. Os açúcares simples encontram-se principalmente nos frutos maduros, enquanto o amido está presente tanto em hortaliças como em frutos verdes (EVANGELISTA, 1994).

De acordo com GOMES (2002) entre os hidratos de carbono se encontram, em primeiro lugar, os açúcares, que podem ser considerados como as principais substâncias das

frutas. Os diversos grupos de frutas contêm as seguintes quantidades de açúcares: frutas com sementes de 8 a 15% e frutas com caroços de 6 a 12%.

As frutas sofrem alterações metabólicas provocadas por transformações químicas, ocasionando mudanças de sabor, em virtude do aumento de açúcares pela transformação de amido em glicose, frutose e sacarose (ROCHA & SPAGNOL, 1983).

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990), os principais açúcares solúveis presentes nos frutos são glicose e frutose (açúcares redutores) e a sacarose (açúcares não-redutores).

2.3.7. Cinzas

Segundo CECCHI (1999) cinza de um alimento refere-se ao resíduo inorgânico remanescente da queima da matéria orgânica, que é transformada em CO₂, H₂O e NO₃. A cinza é constituída, sobretudo, de: grandes quantidades (K, Na, Ca e Mg); pequenas quantidades (Al, Fe, Cu, Mn e Zn) e traços (Ar, I, F e outros elementos).

É importante observar que a composição das cinzas não corresponde à quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos, devido as perdas por volatilização ou, mesmo, pela reação entre os componentes. As cinzas são consideradas medida geral de qualidade freqüentemente utilizada como critério na identificação dos alimentos. As cinzas contêm cálcio, magnésio, ferro, fósforo, chumbo, mercúrio e outros componentes minerais. O teor muito alto de cinzas indica presença de adulterantes (OLIVEIRA, 1997).

CECCHI (1999) afirma que os elementos minerais se apresentam na cinza sob a forma de óxidos, sulfatos, silicatos e cloretos, dependendo das condições de incineração e da composição do alimento. Algumas mudanças podem ocorrer, como oxalatos de cálcio podem ser transformados em carbonatos, ou até em óxidos. A determinação de cinza total é utilizada como indicativo de várias propriedades:

- como índice de refração para açúcares e farinhas. Nos açúcares, uma cinza muito alta dificultará a cristalização e descoloração. Na farinha, a quantidade de cinza influirá na extração;
- indicativo das propriedades funcionais de alguns produtos alimentícios. Em geléias de frutas e doces em massa, a cinza é determinada para estimar o conteúdo de frutas;
- parâmetro útil para verificação do valor nutricional de alguns alimentos e rações. Alto nível de cinza insolúvel em ácido indica presença de areia.

2.4. Secagem

A secagem é um processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem e conservação. A remoção da umidade deve ser feita a um nível que o produto fique em equilíbrio com o ar ambiente na qual será armazenado, a fim de preservar a aparência e qualidade nutritiva (SILVA, 1995).

Neste processo, o produto conserva suas vitaminas, proteínas e sais minerais nas mesmas proporções, alterando apenas seu aspecto de fruto fresco, para pó (CRUZ, 1989). Dentre as inúmeras vantagens de utilização do produto desidratado em pó tem-se, por exemplo, a utilização em sopas prontas, temperos completos, programas nutricionais como os realizados pela Pastoral da Criança, para combate à desnutrição. Outra vantagem seria a comodidade de manipulação, armazenamento e transporte, sendo desnecessário a refrigeração (MESQUITA et al., 2002).

Os microrganismos são os principais responsáveis pelas alterações biológicas dos alimentos e, por isso, a secagem se baseia na eliminação total ou parcial dos agentes microbianos ou, ainda, na criação de condições que desfavoreçam o seu crescimento (BANDEIRA, 1994).

A redução do peso (50 – 80%) é feita não só pela eliminação da água mas, também, pela retirada de partes não comestíveis (casca, sementes etc.). Haverá apenas, redução de peso como, também, de volume, o que terá importância na embalagem, no transporte e no armazenamento dos alimentos. Em média 1.000 quilos de fruta fresca fornecem 200 quilos de fruta seca (CODEAGRO, 2003).

Quando o produto é colocado em contato com o ar quente de secagem, ocorre transferência de calor do ar ao produto devido a diferença de temperatura entre eles, simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água entre o ar e a superfície do produto, causará uma transferência de massa do produto para o ar, na forma de vapor (PERRY, 1984).

Tanto na evaporação da água do produto como na retirada do vapor d'água dos alimentos, o ar é usualmente utilizado como meio para transmissão de calor. A condição para que um produto seja submetido ao processo de secagem é que a pressão de vapor sobre a superfície do produto seja maior que a pressão do vapor d'água no ar de secagem (SILVA, 1995).

Diversas são as técnicas de secagem que podem ser usadas na desidratação de alimentos, porém a escolha é orientada pela natureza do material a ser desidratado, pela forma que se deseja dar ao produto processado, pelo fator econômico e pelas condições de operação (EVANGELISTA, 1994).

Para a secagem de polpa de frutas, tem-se que levar em conta a composição inicial e a utilização final do pó (FIGUEIRÊDO, 1998).

2.4.1. Secagem em camada de espuma

O processo de secagem em camada de espuma (foam-mat) foi desenvolvido pela primeira vez em 1959, por Arthur Morgan Jr. e colaboradores, na “Western Utilization Research and Development Division” do “U.S. Department of Agriculture”, em Albânia,

Califórnia. Verificou-se que este processo podia ser aplicado com vantagem na produção de distintos materiais desidratados, já que remove umidade de materiais sensíveis sob condições suaves (SILVA, 1971).

O método para secagem em camada de espuma requer a obtenção de espumas leves e estáveis. A formação de espuma contendo sólidos pode ser facilitada por: aumento da quantidade de sólidos solúveis, adição de aditivos ou por aumento da consistência, mantendo uma estrutura porosa aberta (UBOLDI, 1971).

Esse tipo de secagem requer um processo básico que se desenvolve sob condições atmosféricas e o produto obtido; devido à sua alta porosidade, é facilmente reidratado e não apresenta danos na coloração, sabor, odor e constituição, e os equipamentos utilizados são poucos e os custos de operação minimizados (SILVA, 1971).

Este tipo de secagem possui a vantagem de permitir a obtenção de produtos de qualidade comparáveis aos obtidos pela secagem a vácuo ou pela liofilização, a custos industriais inferiores (APENBURG, 1971).

Durante a secagem, a espuma mantém seu volume e dá uma massa porosa que pode ser facilmente quebrada podendo, assim, ser moída em pó fino, resultando pós desidratados de alta qualidade e boa estabilidade de armazenamento, que não requerem condições de refrigeração para o uso normal (UBOLDI, 1971).

Segundo BATES (1963), o teor de sólidos solúveis e insolúveis, a formação e a estabilidade da espuma, são afetados pela natureza química das frutas, natureza do agente emulsionante, natureza e concentração do estabilizador da espuma, sendo variáveis de menor importância a concentração do agente emulsionante, tempo e temperatura de emulsão, consistência etc.

MORGAN (1961) observou que a maioria dos alimentos requer em torno de 60 minutos para alcançar teor de umidade de 2%, quando usada a temperatura de 71°C.

Verificou, também, que trabalhando a essa temperatura a umidade e a velocidade do ar não têm efeitos apreciáveis no tempo requerido.

2.5. Aditivos

Aditivos são produtos adicionados ao alimento, visando melhorar suas qualidades organolépticas e nutricionais ou que estão presentes nesse alimento, através da contaminação in natura ou no seu processamento e armazenamento. Existem duas classes de aditivos: intencionais e acidentais. Os intencionais são em grande número, da ordem de 2.000 – 2.500, e os acidentais são em número menor, mas muito variável, pois dependem quase que totalmente de circunstâncias incontroláveis ou desconhecidas. Os aditivos intencionais são necessários aos produtos processados dos quais o consumidor espera cor, sabor e textura, porém o aditivo deve ser comprovadamente não-tóxico aos níveis consumidos e, especialmente, não deve ter efeito tóxico cumulativo (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Uma emulsão é um sistema heterogêneo constituído de pelo menos um líquido imiscível inteiramente dispersado em outro na forma de gotículas, cujos diâmetros em geral excedem $0,1\mu$. Tais sistemas possuem uma estabilidade mínima que pode ser acentuada mediante adição de aditivos usados como agentes de superfície, sólidos finamente divididos etc. A adição da emulsificação na matéria-prima baseia-se numa área maior de secagem, submetendo rapidamente à ação do calor. A secagem, nessas condições, pela maior taxa de água evaporada, ocorre em menor tempo e com maior facilidade, uma vez que a umidade se movimenta por capilaridade, através de uma camada líquida, que separa as bolhas de espuma formadas, podendo, dessa forma, ser submetida a menor temperatura, menos danos causado ao material, no que diz respeito aos seus constituintes (APENBURG, 1971).

Para formar uma emulsão necessita-se realizar um trabalho sobre o sistema, a fim de superar a resistência à formação de novas superfícies e, de modo geral, esse trabalho é realizado sob forma de agitação violenta (BRENAN et al., 1970).

Um espessante é uma substância capaz de aumentar, nos alimentos, a viscosidade de soluções, de emulsões e de suspensões, mantendo suas características físicas. São de grande utilidade no emprego e melhoria da textura e da consistência de produtos como sorvetes, pudins, cobertura para saladas e sopas, podem ainda controlar a cristalização de gelo em sorvetes e demais alimentos formulados. A textura e a consistência adequadas podem ser conseguidas mediante o uso de matéria-prima de melhor qualidade e através de técnicas de processamento controladas. A grande maioria dos espessantes é proveniente de carboidratos naturais (carragena, goma guar e goma arábica) ou modificados quimicamente de carboximetil celulose (BARUFFALDI et al., 1998).

Os agentes de superfície ativas naturais presentes nos alimentos, são: a lecitina da gema de ovo, ou da soja, com grupos de estrutura iônica na molécula. Outro agente emulsionante é o monoestearato de glicerina, pertencente ao grupo de agentes de superfície ativos não iônicos, com caráter predominantemente hidrófobo, sendo muito útil na emulsão água-óleo. Já o carboximetilcelulose é considerado um agente auxiliar, sendo laxativos utilizados principalmente em alimentos dietéticos por oferecer em maior saciedade (APENBURG, 1971).

A goma guar é obtida das sementes da *Cyamopsis tetragonolobus* ou *Cyamopsis psoraloides*, planta nativa da Índia. Auxilia diabéticos a controlar o nível de açúcar no sangue. O monoestearato de sorbina é preparado sinteticamente a partir do sorbitol e um ou mais ácidos graxos (gordurosos). É utilizado em pós para coberturas e recheios para bolos, pudins e pós para pudins, à base de amido. Já o monoestearato de polisorbato é preparado comercialmente a partir do óxido de etileno, sorbitol e ácidos graxos (gorduras). Tem a mesma utilização do monoestearato de sorbina sendo utilizado também em pós para sobremesas de flans, pudins e similares (CALIL & AGUIAR, 1999).

2.6. Embalagens

Segundo CAMARGO (1984) uma embalagem de alimentos é uma estrutura destinada a conter um produto alimentício, de maneira a:

- tornar mais fácil o transporte;
- protegê-lo contra contaminação ou perda;
- proteger o produto contra danos ou degradações;
- prover um meio conveniente para servir o produto.

Todo alimento deve ser protegido 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 & BOBBIO, 1992).

Dentre os fatores que merecem ser estudados, visando reduzir as perdas e a manutenção da qualidade, destaca-se a embalagem, que assegura a preservação dos frutos durante o transporte e o armazenamento. A embalagem utilizada para tomate deve protegê-lo contra danos de origem externa, decorrentes das solicitações mecânicas de manuseio e distribuição e, também, de outros atritos que ocorram no seu interior. Além disso, o seu projeto de desenvolvimento deve priorizar as áreas destinadas à ventilação, evitando-se assim o acúmulo de etileno e gás carbônico, que desencadeiam reações químicas que podem acelerar o metabolismo e diminuir a vida útil dos frutos (GARCIA, 1995).

As embalagens utilizadas no Brasil são, na sua maioria, inadequadas e associadas ao transporte a longas distâncias em veículos também impróprios; resultam em elevadas perdas por danos mecânicos. Soma-se a este fato o descaso com que as frutas e hortaliças são normalmente tratadas durante o manuseio, sem os cuidados necessários para evitar danos. Em sua quase totalidade, as frutas e hortaliças nacionais são transportadas e comercializadas em temperatura ambiente que, por vezes, é bastante alta (CODEAGRO, 2003).

Em alimentos acondicionados em embalagens transparentes ocorrem a fotoxidação, ou seja, uma reação catalizada pela luz. Esta reação depende da sensibilidade do alimento e das características da embalagem, as quais determinam a intensidade da radiação. Quanto ao alimento, sua sensibilidade à luz depende de sua composição, tais como do grau de insaturação dos lipídicos, da coloração e pigmentos atuando como sensibilizadores. Como

consequência, menor vida útil do alimento será obtida devido às rejeições sensoriais pelo consumidor. Às vezes, são necessários artifícios técnicos para minimizar os efeitos da luz no uso dessas embalagens (ATENCIA & FARIA, 2002).

A embalagem de produtos alimentícios desidratados limita o contato do produto com o oxigênio atmosférico e, quanto ao ganho de umidade, somente as reações oxidativas o tornam impróprio para consumo. Esses alimentos devem ser acondicionados em filmes flexíveis com base na permeabilidade ao vapor de água, proporcionando estabilidade durante a estocagem (CABRAL et al., 1983).

2.5.1. Polietileno

O polietileno é uma substância termoplástica, originada da família poliolefínica dos plásticos obtidos pela polimerização do etileno. O polietileno elaborado pode ser de alta e de baixa densidade; o primeiro, para sua fabricação, exige baixas temperaturas e pressão e a ação de catalisadores coordenadores, ao passo que o segundo necessita de altas temperaturas e pressão (EVANGELISTA, 1994).

O polietileno de baixa densidade é o plástico mais usado no Brasil, sobretudo na embalagem de leite, cereais, alimentos em pó, balas etc. Um tipo especial é empregado como embalagem encolhível para produtos diversos, inclusive a paletização de volumes e cargas (GAVA, 1998). É um polímero de adição do etileno, estrutura muito ramificada, média cristalinidade, massa volúmica 0,92-0,94 g/cm³ e intervalo térmico de 40 a 80°C. Apresenta baixa permeabilidade à água, altíssima ao oxigênio e resistente aos ácidos, álcalis, solventes orgânicos a quente e tensoativos (BARUFFALDI, 1998).

A boa resistência contra umidade não é satisfatória, porém, no caso do PE em embalagem de baixa densidade, por ser permeável do que a embalagem de alta densidade, razão por que não deve acondicionar certos produtos, como sopas desidratadas, bolachas, biscoitos e outros. Em relação à sua aplicação, apresentam-se inúmeras vantagens pela sua compatibilidade com muitos alimentos, sua transparência, resistência, fácil

termossoldagem, boa impermeabilidade à água, por sua faixa de temperatura de trabalho (em torno de -50 a 70°C), custo barato, além da farta presença no mercado. Essas particularidades fazem com que os alimentos embalados em sacos de polietileno possam “viver e respirar” no congelador, sem que ocorra, no produto, perda de peso em consequência da saída de água. A grande maioria dos alimentos envasados por polietileno é de produtos desidratados e dos que necessitam permanecer secos, como sal, açúcar e leite em pó desidratado. Sacos de polietileno perfurados são usados em alimentos sujeitos a intercâmbio de vapor de água ou gases com a atmosfera, como batata, cenoura e frutas (laranja, limão, maçã) (EVANGELISTA, 1994).

2.6.2. Laminada

Os laminados são embalagens compostas em que são sobrepostos filmes plásticos, de alumínio, papel ou papelão e outro filme plástico. Essas embalagens ganham espaço no mercado por serem leves e permitir o aquecimento do alimento diretamente na embalagem, por simples imersão em água quente, facilitando uso rápido de alimentos congelados ou pré-cozidos (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

Segundo EVANGELISTA (1994) a elaboração desses laminados, além de solucionar problemas de custo para dotar os plásticos tradicionais de maior eficiência (aumento de espessura etc.), veio assegurar, também, acentuada melhoria de requisitos de impermeabilidade, termossoldagem, resistência à tração, facilidade de impressão etc. O lado vantajoso da união de diferentes filmes é o de reforçar, melhorar ou proporcionar, ao material formado, maior capacidade funcional. Os laminados possuem características que respondem às exigências dos produtos:

- ótima barreira a gases
- ótima barreira a umidade
- ótima rigidez
- ótima aptidão de fechamento
- ótima impermeabilidade

A principal razão do desenvolvimento dos laminados é a incrementação das propriedades de barreira dos materiais de embalagem pela reunião, numa só estrutura, de dois ou mais componentes. Como exemplo, citam-se o celofane/polietileno/celofane para bolachas, o celofane/polietileno para café torrado e moído e o papel/polietileno/alumínio/polietileno para sopas e coco ralado (CABRAL et al., 1983).

2.7. Isotermas de sorção de umidade

A relação entre teor de água livre no alimento e sua conservação, pode ser estabelecida pela atividade de água que, por sua vez, determina a quantidade da água que tende a permanecer ou sair de um alimento e, conseqüentemente, sua disponibilidade (MEIRA et al., 1996).

As isotermas de sorção podem ser definidas como a representação analítica da variação do teor de umidade de um produto, em função de sua umidade relativa. Têm vasto número de aplicações na área de alimentos e representam o estado de equilíbrio de todos os processos nos quais moléculas de água se combinam reversivelmente com alimentos (MEDEIROS et al., 2002).

De acordo com BOBBIO & BOBBIO (1984) a existência de moléculas de água com diferentes propriedades num mesmo alimento é também comprovada quando são traçadas as curvas representativas do teor de água, em função da atividade de água no alimento, durante sua secagem (dessorção) e sua umidificação (adsorção), a temperatura constante.

As isotermas de sorção exercem uma particular importância no projeto do processo de desidratação de alimentos, especialmente na determinação do ponto final de secagem, garantindo viabilidade econômica e segurança microbiológica. Seus dados permitem que se calculem o tempo de vida-de-prateleira do produto e a escolha de tipo de embalagem adequada para armazená-lo. Modelos matemáticos são usados para descrever a sorção de

água com base nas teorias de adsorção química (AROGBA, 2001; HINZ, 2001; HOSSAN et al., 2001; LEWICKI, 2000).

A vantagem da utilização de modelos matemáticos na predição das isotermas de adsorção de umidade reside no fato de que, com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma, que pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas a_w , pontos estes de difícil determinação experimental (PENA et al., 1996).

O estudo da curva de sorção, que relaciona esta atividade de água com a umidade de equilíbrio, fornece informações relevantes para adequação dos parâmetros de secagem. A determinação da atividade de água é uma das medidas mais significativas no processamento e na análise dos materiais biológicos, em virtude da sua importância, no que se diz respeito à qualidade e estabilidade. A afinidade existente entre a água e os outros componentes de um produto define sua higroscopicidade, a qual por demais marcante nos produtos e se torna característica fundamental a influenciar os processos de manuseio, estocagem e consumo de materiais biológicos (TEXEIRA NETO & QUAST, 1993).

As informações acerca da umidade de equilíbrio são imprescindíveis no processamento e armazenamento de alimentos. No processo de secagem, a umidade de equilíbrio é a umidade final que o produto pode atingir se o processo for conduzido em longo período de tempo (PARK et al., 2001). FORA

O estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção, como uma isoterma que descreve, em uma umidade específica, a relação de equilíbrio de uma quantidade de água sorvida por componentes do alimento e a pressão de vapor ou umidade relativa, a dada temperatura. Esta relação é complexa e depende da composição química dos alimentos (amido, proteínas, açúcar, gordura etc.) (MEIRA et al., 1996). FORA

Segundo PENA et al. (2000) existem numerosos modelos matemáticos disponíveis na literatura com capacidade de prever uma isoterma de adsorção de umidade em

alimentos. As equações de dois parâmetros são mais utilizadas por serem de fácil solução matemática, porém têm o inconveniente de, em geral, não se prestarem para prever isothermas em todas as faixas de a_w (0,0 – 1,0); já as equações de três ou mais parâmetros quase sempre dão melhores resultados na predição, mas apresentam a desvantagem de serem de difícil solução matemática necessitando, algumas vezes, de programas computacionais complexos.

De acordo com Brunauer et al., citados por FIGUEIRÊDO (1998), as isothermas de adsorção são classificadas em cinco tipos gerais:

- no tipo I, conhecido como Langmuir;
- no tipo II, que é o sigmóide
- nos outros três tipos não possuem nenhum nome especial.

As isothermas da adsorção de umidade de muitos alimentos são não lineares, geralmente apresentam forma sigmóide e têm sido classificadas como isothermas do tipo II, sendo que no caso dos frutos predominam formas com concavidade voltada para o eixo das abcissas, até níveis intermediários de umidade relativa, passando a uma forma exponencial em regiões de umidades relativas elevadas. Alimentos ricos em componentes solúveis, açúcares, arroz, café e ácido cítrico cristalino em geral, são do tipo III. As isothermas dos tipos I, IV e V, não apresentam interesse maior no caso de alimentos (FIGUEIRÊDO, 1998).

2.8. Cor

Conforme BOBBIO & BOBBIO (1992) a aparência de um alimento concorre sobremaneira para a sua aceitabilidade, razão pela qual a cor talvez seja a propriedade mais importante dos alimentos, tanto dos naturais como dos processados. A cor em alimentos resulta da presença de compostos coloridos já existentes no produto natural.

De acordo WILLS (1981), a mudança mais evidente que ocorre nos frutos corresponde à coloração e é um parâmetro pelo qual o consumidor determina se um fruto está ou não apto para o consumo. A perda da coloração verde dos frutos não só se refere aos frutos climatéricos mas, também, aos frutos não climatéricos, que muitas vezes apresentam perda de cor, principalmente em citrus em climas temperados e, em menor escala, em climas tropicais.

A cor dos tecidos dos frutos muda durante a estocagem em frutos no estado fresco e durante o processamento. Essas mudanças, que podem ser ou não desejáveis, são reflexo do trabalho da ação das enzimas ou outros processos. Esses processos, por sua vez, 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 (CZYHRINCIW, 1969).

A perda da cor verde dos frutos é muito importante para indicar o estágio de maturação; na medida em que esta desaparece, novos pigmentos vão surgindo, dentre eles os de coloração amarela, alaranjada e vermelha, mudanças que ocorrem como consequência da quebra da estrutura da clorofila, provocada sobretudo pelas mudanças, como consequência da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo, pela presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases (AWAD, 1993). Com isso, SPAYD et al. (1990), afirmaram que a coloração dos frutos é consequência da presença de três tipos de pigmento, que são compostos fenólicos (antocianinas), clorofilas e carotenóides.

No processo de degradação da clorofila a perda de coloração está associada à ação da clorofilase, sendo que o desaparecimento da clorofila está relacionado à síntese de pigmentos num aspecto que vai do amarelo até o vermelho. Alguns autores afirmam que a perda da clorofila é consequência da síntese de pigmentos e não da perda de clorofila que está mascarando esta síntese; relatam a perda de clorofila com presença do etileno, isto é, na medida em que os frutos vão amadurecendo, registra-se um aumento na taxa de

produção de etileno, que leva ao aumento da atividade da clorofilase e, assim, à destruição da clorofila (WATADA, 1986; BRECHT, 1980).

O teor de antocianinas extraídas das cascas da uva na vinificação está ligado diretamente a cor da planta durante sua maturação afetados pelas condições naturais (região de cultivo). O etileno é um fito-hormônio que tem a propriedade de aumentar a síntese de antocianinas e, conseqüentemente, a cor dos frutos (LUCCHESI & GUERRA, 2002).

A luz tem efeito deteriorativo sobre os alimentos, por iniciar e acelerar reações, através de sua ação fotoquímica, reduzindo a vida útil. Essas reações podem causar, de forma rápida mudanças sensoriais na cor característica dos alimentos formando produtos indesejáveis e perdas econômicas aos produtores, comerciantes e aos consumidores (ATENCIA & FARIA, 2002).

Cores de fruta in natura ou processada, depende de inúmeros fatores como, por exemplo, o flavor. A cor é uma propriedade de aparecimento atribuível para a distribuição espectral de luz. O olho humano é sensível a vibrações eletromagnéticas no comprimento de onda variando de 400 a 760nm. A mistura de todas as cores em comprimento de onda diferente na região visível é conhecida como luz branca. A causa da mudança de cor no produto é resultado da absorção de comprimento de onda da luz branca (RANGANNA, 1977).

É difícil a observação da degradação da cor a olho nu, razão pela qual se utiliza os métodos de determinação de cor com auxílio de instrumentos fotoelétricos. Os espectrofotômetros ou colorímetros usam faixas espectrais dirigidas à amostra, e enquanto a luz refletida da amostra é medida por meio de células fotoelétricas, que transformam energia brilhante em energia elétrica. A curva espectrofotométrica caracteriza a cor do produto que para qual são exigidos cálculos para determinação dos parâmetros de cor. Vários são os instrumentos disponíveis que dão a curva espectral e os parâmetros da cor (X, Y e Z) automaticamente (RANGANNA, 1977).

Em 1931, um sistema padrão de medida de cor foi proposto pela CIE (International Commission on Illumination). O sistema CIE especifica a cor em três parâmetros: X, Y e Z, cujos valores representam a quantidade de três cores primárias: o vermelho, o verde e a violeta, que são requeridos por um padrão (POMERANZ et al., 1994). Outro sistema é o Hunter, que também possui três parâmetros, sendo: L, a e b; o L representa a luminosidade ou escurecimento, +a é a cor vermelha, -a é a cor verde, +b é a cor amarela e -b é a cor azul (PELEG et al., 1983).

A espectrofotometria consiste em uma fonte de luz branca que passa através de um prisma para produzir um espectro. O resultado da luz monocromática é passada por uma amostra através de leituras. A luz da amostra é analisada por um registrador, que transmite ou reflete contra o comprimento de onda sobre o papel (FRANCIS et al., 1975).

A cor é geralmente usada para determinar a maturação da fruta, como a cor verde do tomate ou pêssego. A cor das fatias da batata é utilizada para controlar a redução do teor de açúcar, provocada por condições de armazenamento. A cor amarela do ovo e da pele da galinha é função direta das partes que contêm pigmentação. Alguns alimentos secos (ovos liofilizados, café instantâneo, doce de batata, sobremesas de gelatina) podem ser pressionados entre discos finos de Teflon (POMERANZ et al., 1994).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local de realização do trabalho

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola, do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande.

3.2. Matéria-prima

Utilizaram-se frutos de umbuzeiro adquiridos no comércio local de Campina Grande, PB, maduros e em bom estado físico. Após aquisição e transporte até o ambiente do laboratório, os frutos foram lavados em água corrente, selecionados, sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 50 ppm e enxaguados, para se lhes retirar o excesso da solução. Após escorrimento natural da água, os frutos foram despulpados em despulpadeira mecânica e a polpa foi embalada em sacos de polietileno de baixa densidade, com capacidade para 500 g; depois foi embalada e mergulhada em nitrogênio líquido, com o objetivo de realizar o congelamento rápido; a seguir, foram armazenadas em freezer a -22°C , para utilização posterior na caracterização e nos ensaios de desidratação.

3.3. Caracterização da polpa de umbu

A polpa de umbu integral foi caracterizada quanto ao pH, sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Brix}$), sólidos totais/umidade, acidez total titulável, ácido ascórbico, açúcares redutores, cinzas, densidade e cor seguindo-se as metodologias expostas nos itens 3.3.1 a 3.3.10, em que os procedimentos foram realizados em triplicata.

3.3.1. pH

A determinação do pH foi feita através do método potenciométrico, calibrando-se o potenciômetro através das soluções tampão (pH 4,0 e 7,0), a 20°C , imergindo-se em seguida o

elétrodo em béquer contendo a amostra e se lendo o valor indicado no visor do aparelho, com os resultados expressos em unidades de pH.

3.3.2. Sólidos solúveis totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado por leitura direta em refratômetro, com correção de temperatura, com base na tabela contida no manual do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.3.3. Sólidos totais/Umidade

Os resultados referentes aos sólidos totais e umidade foram determinados de acordo com as Normas Analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985).

3.3.4. Acidez total titulável

Nessa determinação utilizou-se o método acidimétrico da AOAC (1984), por meio de solução padronizada de NaOH 0,1N.

3.3.5. Ácido ascórbico

A metodologia da AOAC (1984) modificada por BENASSI & ANTUNES (1988) utiliza como solução extratora, o ácido oxálico e se baseia na titulação da amostra, empregando-se o 2,6 diclorofenolindofenol sódio que dá cor azul em solução alcalina e cor rosa, em solução ácida.

3.3.6. Açúcares redutores

Na determinação dos açúcares redutores utilizou-se o método de redução alcalina (AOAC, 1984) com base na redução dos sais cúpricos e óxidos cuprosos presentes na solução de Fehling. Os resultados foram expressos em porcentagem (p/p).

3.3.7. Cinzas

O teor de cinzas foi determinado de conformidade com o método oficial da AOAC (1984) e os resultados expressos em porcentagem (p/p).

3.3.8. Densidade

A densidade foi mensurada utilizando-se picnômetro de 25 ml, a temperatura ambiente.

3.3.9. Cor

Mediram-se os parâmetros de cor através de um colorímetro Minolta, modelo CR 10, sendo **L** a luminosidade, **a** definido como a transição da cor verde (-a) para a cor vermelha (+a) e **b** representa a transição da cor azul (-b) para a cor amarela (+b). As leituras foram feitas em triplicata, obtendo-se os valores médios de L , a^* e b^* .

3.4. Desidratação

Para a desidratação lançou-se o processo foam-mat, no qual se elaborou a formulação do produto a ser desidratado, utilizando-se um emulsionante, composto de monoglicerídeos, monoestearato de sorbina e polissorbato, um espessante composto de carboximetil-celulose e goma guar, adicionados à polpa de umbu comendo, após homogeneização, o material, que foi submetido a desidratação.

O material resultante foi espalhado sobre bandejas de aço inoxidável e levado para desidratação em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 70°C, durante o período de 5 horas; desidratado-o, foi retirado das bandejas e triturado em liquidificador doméstico, para obtenção do produto final pulverizado.

3.5. Armazenamento da polpa de umbu em pó

As amostras da polpa de umbu em pó foram acondicionadas em embalagens de polietileno e laminadas (polietileno tereftalato, polietileno, alumínio, polietileno), contendo 25g cada, termosseladas, armazenadas em local seco e arejado, a temperatura ambiente. As amostras assim armazenadas foram acompanhadas, quanto à evolução de suas propriedades ácido ascórbico, umidade, pH, acidez total titulável, açúcares redutores e cor, durante 60 dias, com análises realizadas a cada dez dias, a partir do tempo inicial.

As análises foram realizadas seguindo-se as metodologias descritas nos itens 3.3.1, 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5 3.3.6 e 3.3.9 e, em alguns casos, as determinações foram realizadas a partir de amostras reconstituídas, com água destilada.

3.5.1. Análise estatística

A análise estatística dos dados obtidos experimentalmente ao longo do armazenamento, foi executada usando-se o programa computacional ASSISTAT, versão 6.5 (SILVA & AZEVEDO, 2002), através do experimento fatorial 2 (tratamentos) x 7 (tempo de armazenamento) x 3 (repetições) e do experimento inteiramente casualizado e da comparação entre as médias, pelo teste de Tukey.

3.6. Isotermas de adsorção de umidade

Para a obtenção das isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó empregou-se o método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais a três temperaturas (25°C, 30°C e 35°C) (Tabela 3.1). As soluções de sais foram colocadas em recipientes de vidro hermético, contendo três cadinhos com aproximadamente 1g da amostra em cada uma, permanecendo nesses ambientes até atingirem o equilíbrio em câmara do tipo B.O.D. (Figura 3.1).

Tabela 3.1. Atividade de água das soluções saturadas de sais

Sal	Temperatura		
	25°C	30°C	35°C
KOH	0,0823	0,0738	0,0673
NaOH	0,0824	0,0758	0,0692
MgCl ₂	0,3278	0,3244	0,3205
K ₂ CO ₃	0,4316	0,4317	0,4317
NaBr	-	-	0,5455
KI	0,6886	0,6789	0,6696
NaNO ₃	-	0,7314	0,7206
NaCl	0,7529	-	0,7487
(NH ₄) ₂ SO ₄	0,8099	0,8063	0,8027
KCl	0,8434	0,8362	0,8295
K ₂ CrO ₄	0,9788	0,9708	0,9642

Fonte: GREENSPAN (1977)



Figura 3.1. Polpa de umbu em pó submetidas a diferentes atividades de água e temperaturas em câmara do tipo B.O.D

3.6.1. Umidade de equilíbrio

Obtiveram-se as determinações das umidades de equilíbrio (Equação 3.1) em base seca, pela relação entre massa de água e massa seca das amostras:

$$U_{eq} = \frac{m_{\text{água}}}{m_s} \cdot 100 \quad (3.1)$$

em que:

U_{eq} = umidade de equilíbrio em base seca

$m_{\text{água}}$ = massa de água adsorvida pela amostra

m_s = massa seca da amostra.

Os cálculos dos valores da umidade de equilíbrio foram realizados para cada cadinho e, por último, calculou-se a média aritmética das três repetições para cada atividade de água.

3.6.2. Modelos matemáticos

Para o ajuste matemático das isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó, utilizaram-se as equações de GAB, Oswin, Peleg e Langmuir (Equações 3.2 a 3.5), ajustadas com o auxílio do processador matemático STATISTICA, versão 6.0.

GAB

$$x = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)} \quad (3.2)$$

em que:

a_w = atividade de água

X = umidade de equilíbrio

X_m = umidade na monocamada molecular

C e K = parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto.

Oswin

$$x = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.3)$$

em que:

a_w = atividade de água

a e b = parâmetros de ajuste do modelo

X_e = umidade de equilíbrio.

Peleg

$$X_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (3.4)$$

em que:

X_e = umidade de equilíbrio

K_1 e K_2 = constantes da equação

a_w = atividade de água

n_1 e n_2 = constantes da equação.

Langmuir

$$x = \frac{BCa_w}{1 + Ca_w} \quad (3.5)$$

em que:

X = umidade de equilíbrio

B e C = constantes da equação

a_w = atividade de água.

3.6.2.1. Erros experimentais

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o coeficiente de determinação (R^2), o erro relativo (ϵ), calculado pela Equação 3.7, e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.8.

$$\mathcal{E} = \frac{M_{\text{exp}} - M_{\text{teor}}}{M_{\text{teor}}} \quad (3.7)$$

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(M_{\text{exp}} - M_{\text{teor}})|}{M_{\text{exp}}} \quad (3.8)$$

em que:

M_{exp} = valores obtidos experimentalmente

M_{teor} = valores preditos pelo modelo

n = número de dados experimentais

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização da matéria-prima

Na Tabela 4.1 estão expressos os resultados médios da caracterização físico-química da polpa de umbu.

Observa-se que os valores médios do pH (3,73) e dos sólidos solúveis totais (11,73°Brix) da polpa de umbu são superiores ao determinado por ALMEIDA (1999) e FERREIRA (2000), respectivamente.

Quanto aos teores de umidade e sólidos totais da polpa de umbu, os valores determinados de 89,29% e 10,71% estão, respectivamente, na mesma faixa de valores determinados por FERREIRA (2000) de 91,33% e 8,47%, e superiores aos estabelecidos por SOUSA (1999), para o fruto de umbu maduro, de 83,18% para a umidade e inferior ao teor de sólidos totais de 16,82%.

A quantidade de cinzas encontrada na polpa de umbu apresentou, em média, 0,35%, sendo bastante similar ao valor encontrado por LIMA (2002) que foi de 0,33%. O ácido ascórbico apresentou uma média de 11,67 mg/100g bem superior quando comparado por LIMA et al. (2002) para polpa congelada de umbu-cajá.

O resultado da acidez total titulável é inferior ao determinado por ALMEIDA (1999), que foi de 1,07%, POLICARPO (2002), de 1,45% e LIMA (2002) de 1,71%.

O valor médio da densidade da polpa de umbu, 1060 kg/m³, é inferior ao valor encontrado por BRAGA et al. (2003) de 1130 kg/m³ para o fruto de umbu inteiro.

O teor de açúcares redutores apresentou média de 3,67% glicose inferior, portanto, ao valor experimental obtido por LIMA (2002) para a polpa de umbu, que foi de 4,78%, e superior ao estabelecido por POLICARPO (2002) para a polpa de umbu em diferentes estádios de maturação.

Quanto ao parâmetro cor: a luminosidade (L^*) foi de 44,40; a intensidade de verde ($-a^*$) foi de -0,63 e a intensidade de amarelo ($+b^*$) foi de +22,80, verificando-se a predominância da cor amarela na polpa de umbu integral.

Tabela 4.1. Caracterização da polpa de umbu (valores médios)

Parâmetros	Valores
pH	3,73 ± 0,07
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,73 ± 0,27
Sólidos totais (%)	10,71 ± 0,39
Umidade (%)	89,29 ± 0,39
Ác. ascórbico (mg/100g de polpa)	11,67 ± 0,56
Cinzas (%)	0,35 ± 0,01
Acidez total titulável (%)	0,39 ± 0,01
Açúcares redutores (% glicose)	3,67 ± 0,11
Densidade (kg/m ³)	1060 ± 0,003
Luminosidade (L^*)	44,40 ± 0,51
Intensidade de verde (a^*)	-0,63 ± 0,04
Intensidade de amarelo (b^*)	+22,80 ± 0,40

4.2. Armazenamento da polpa de umbu em pó

4.2.1. Umidade

Vê-se, na Tabela 4.2, a análise de variância dos valores médios da umidade (%) da polpa de umbu em pó, e a ocorrência de diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores estudados (tempo, embalagem) e sua interação.

Tabela 4.2. Análise de variância dos valores médios da umidade (%) da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	108,73959	18,12326	53,1591 **
Embalagem	1	84,66313	84,66313	248,3336 **
Embalagem x Tempo	6	52,99572	8,83262	25,9078 **
Resíduo	28	9,54590	0,34092	
Total	41	255,94434		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Na Tabela 4.3 encontram-se os valores médios da umidade do umbu em pó durante o armazenamento. Verifica-se que a umidade inicial (zero dia), de 16,75%, é superior ao valor determinado por SOARES (1996), ao desidratar a polpa de acerola pelo processo “foam-mat”, que foi de 7,24%, e por APENBURG (1971) de 1,5% para o coco em pó, também desidratado pelo mesmo processo.

Analisando-se os resultados dos valores médios da umidade (%) do umbu em pó (Tabela 4.3), nota-se que a umidade nas embalagens laminadas se manteve estatisticamente inalterada até os 50 dias, aumentando significativamente apenas entre 50 e 60 dias. Entre o tempo zero e o final do armazenamento aos 60 dias, as amostras sofreram aumento de 14,35% no teor de umidade, resultado divergente do observado por FIGUEIRÊDO et al. (2001) que não constataram tendência de acréscimo da umidade do suco de acerola microencapsulado em spray dryer com o tempo de armazenamento, em embalagem semelhante.

A umidade das amostras do umbu em pó na embalagem de polietileno aumentou ao longo do tempo de armazenagem, apesar dos aumentos nem sempre ocorrerem entre tempos subseqüentes, como se observa entre 10 e 20 dias e entre 20 e 40 dias, quando os valores de umidade são estatisticamente iguais. Observa-se um aumento de 50,1% entre os teores de umidade medidos nos tempos inicial e final do armazenamento, nessa embalagem. Tal comportamento foi observado também por SOARES et al. (2001) e

GOMES (2002) ao estudarem a estabilidade da acerola em pó desidratada pelo processo “foam-mat” e em leite de jorro, respectivamente.

Comparando-se os valores de umidade entre as embalagens para cada tempo individualmente, verifica-se que, exceto aos 10 dias, as amostras em embalagem laminada apresentaram valores inferiores em relação à embalagem de polietileno em todos os tempos de armazenamento, resultado de uma proteção melhor da embalagem laminada, às amostras.

Os valores médios de umidade, nos sete tempos de armazenamento, nas embalagens laminadas e de polietileno, foram de 17,7% e de 20,5%, respectivamente.

Tabela 4.3. Valores médios de umidade (%) do umbu em pó nas diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	16,7500 bA	16,7500 eA
10	17,8833 abA	18,5233 dA
20	17,7300 abB	19,1633 cdA
30	17,7667 abB	20,2333 cA
40	17,1167 bB	20,4367cA
50	17,4867 bB	23,5100 bA
60	19,1533 aB	25,1467 aA

DMS para colunas = 1,5112; DMS para linhas = 0,9771; MG = 19,11786%; CV% = 3,05415

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.2. Ácido ascórbico

Tem-se na Tabela 4.4, a análise de variância dos valores médios do teor de ácido ascórbico da polpa de umbu em pó, verificando-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores estudados (tempo, embalagem) e sua interação.

Tabela 4.4. Análise de variância dos valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100g) da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	31.765,60352	5.294,26709	103,0962 **
Embalagem	1	5.535,27100	5.535,27100	107,7893 **
Embalagem x Tempo	6	2.579,06299	429,84384	8,3704 **
Resíduo	28	1.437,87500	51,35268	
Total	41	41.317,81250		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios do ácido ascórbico do umbu em pó apresentados na Tabela 4.5, observa-se que o teor de ácido ascórbico na embalagem laminada se manteve estatisticamente inalterado até os 20 dias de armazenamento. A partir daí, ocorreu perda significativa porém mantida até o final do armazenamento, ou seja, 60 dias. O comportamento do umbu em pó na embalagem de polietileno apresentou redução do ácido ascórbico a partir do décimo dia de armazenamento em relação ao tempo zero, e aos 20 dias em relação ao tempo 10. Entre os tempos subseqüentes, 20 e 30 dias, não se tem redução mas, entre 20 e 40 dias, a diminuição se verifica. Aos 40 e 50 dias o teor de ácido ascórbico permanece estável, assim como entre os 50 e 60 dias. Observando-se todos os intervalos é possível notar que nas embalagens de polietileno laminada, as reduções mais consistentes se deram até os 20 dias e, embora aos 40 dias se tenha determinado os menores teores de todas as amostras, ao final do armazenamento os valores obtidos retornam a níveis anteriores. Uma explicação para isto estaria na pouca proteção fornecida pelo polietileno, tornando o material sujeito a efeitos de microclimas criados na montagem dos ensaios.

Comparando-se os valores do ácido ascórbico entre as embalagens para cada tempo individualmente, verifica-se que os teores de ácido ascórbico mantidos pela embalagem laminada resultaram superiores em relação à embalagem de polietileno em todos os tempos de armazenamento, com diferença mínima de 12% aos 60 dias e máxima de 31% aos 20 dias.

A perda máxima percentual de ácido ascórbico na embalagem laminada aos 40 dias foi de 39,18%; já a perda máxima percentual aos 40 dias na embalagem de polietileno foi de 51,27%. Esses resultados divergem dos obtidos por SOARES et al. (2001) e GOMES (2002) que verificaram um percentual de redução do teor de ácido ascórbico de 15,63% e 24,96%, respectivamente.

FIGUEIRÊDO et al. (2001) constataram perdas de cerca de 2 e 3% no teor de ácido ascórbico no suco de acerola microencapsulado, ao final de um ano, embalado na mesma embalagem laminada, mas bem inferior ao resultado encontrado nesse trabalho.

Os valores médios de ácido ascórbico ao longo do armazenamento para as duas embalagens, foram de 141,17 mg/100g (laminada) e 118,21% (polietileno).

Tabela 4.5. Valores médios do ácido ascórbico (mg/100g) do umbu em pó nas diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminada	Polietileno
0	178,0533 aA	178,0533 aA
10	168,4133 aA	137,9533 bB
20	173,3667 aA	118,6300 cB
30	117,0333 bA	101,7467 cdeB
40	108,2933 bA	86,7700 eB
50	118,5367 bA	94,7400 deB
60	124,5100 bA	109,5967 cdB

DMS para colunas = 18,5471; DMS para linhas = 11,9924; MG = 129,69260 mg/100g; CV (%) = 5,52543

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.3. pH

Na Tabela 4.6 encontra-se a análise de variância do pH na embalagem laminada da polpa de umbu em pó e se verifica diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.6. Análise de variância dos valores médios do pH na embalagem laminada da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	0,18959	0,03160	26,1186 **
Resíduo	14	0,01694	0,00121	
Total	20	0,20653		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios do pH do umbu em pó durante o armazenamento em embalagem laminada, apresentados na Tabela 4.7, constata-se pH estatisticamente igual nos tempos inicial e final. Nos estudos realizados na polpa de umbu maduro congelada, FERREIRA (2000) observou que o pH permaneceu constante durante o período de 180 dias de armazenamento. Nos tempos intermediários, observam-se teores menores, mas iguais entre os tempos 10, 20 e 40 e entre 30 e 50 dias. A igualdade estatística entre tempos de armazenamento intermediário alternado e entre os tempos zero e 60 dias, indica independência entre os valores de pH e o tempo de armazenamento, sob as condições da embalagem laminada.

O valor médio do pH ao longo do tempo de armazenamento em embalagem laminada resultou em 2,86, com coeficiente de variação de 1,21%.

Tabela 4.7. Valores médios do pH do umbu em pó na embalagem laminada, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	pH
0	3,0267 a
10	2,8300 cd
20	2,8700 bc
30	2,7700 de
40	2,8500 cd
50	2,7300 e
60	2,9567 ab

DMS = 0,09699; MG = 2,86190; CV (%) = 1,21535

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Na Tabela 4.8 encontra-se a análise de variância do pH na embalagem de polietileno da polpa de umbu em pó. Verificam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.8. Análise de variância dos valores médios do pH na embalagem de polietileno da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	0,40802	0,06800	17,2643 **
Resíduo	14	0,05515	0,00394	
Total	20	0,46317		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios do pH do umbu em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.9, constata-se comportamento ainda mais constante que o observado nas amostras em embalagem laminada, uma vez que não só os valores de pH inicial e final são estatisticamente iguais, mas, como também se igualam aos observados nos tempos 20, 40 e 50 dias. O pH no tempo 10 e 30 dias, por sua vez, se igualam e com o valor medido aos 50 dias. Do conjunto de determinações conclui-se que o pH não variou no tempo observado, sob as condições da embalagem de polietileno. Este comportamento é similar ao estabelecido por GOMES (2002).

O valor médio do pH ao longo do tempo de armazenamento totalizou 2,79, com coeficiente de variação de 2,24%.

Tabela 4.9. Valores médios do pH do umbu em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	pH
0	3,0267 a
10	2,6200 c
20	2,8533 ab
30	2,5967 c
40	2,8400 b
50	2,7467 bc
60	2,8633 ab

DMS = 0,17502; MG = 2,79238; CV (%) = 2,24758

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.4. Acidez total titulável

Na Tabela 4.10 tem-se a análise de variância da acidez total titulável da polpa de umbu em pó na embalagem laminada, verificando-se que houve diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.10. Análise de variância dos valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) na embalagem laminada da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	0,15717	0,02619	5,4227 **
Resíduo	14	0,06763	0,00483	
Total	20	0,22479		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios de acidez total titulável do umbu em pó durante o armazenamento em embalagem laminada, apresentados na Tabela 4.11, verificam-se pequenas oscilações em seus valores médios, com diferença significativa apenas entre o tempo 10 e os tempos 30, 40 e 60 dias. Entre os demais tempos foram

obtidos valores sem diferenças significativas do início ao final do armazenamento, o que conduz à conclusão de que a acidez não sofreu alterações importantes no período estudado. Embora sem diferença estatística entre os tempos final e inicial de armazenamento, foi medida a maior variação entre médias de acidez, no total de 3,58% ao final dos 60 dias armazenados. Este resultado é similar aos obtidos por FERREIRA (2000) e ALMEIDA (1999) que verificaram, na polpa de umbu congelada, um pequeno acréscimo da acidez no final de 180 dias. Considerando-se a pouca variação deste índice no período de 60 dias, as amostras mantiveram acidez média de 5,4, com de coeficiente de variação de 1,3%.

Tabela 4.11. Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do umbu em pó, durante o armazenamento em embalagem laminada

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)
0	5,3033 ab
10	5,2367 b
20	5,3233 ab
30	5,4367 a
40	5,4333 a
50	5,3000 ab
60	5,4933 a

DMS = 0,19381; MG = 5,36095%; CV (%) = 1,29644

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Encontra-se na Tabela 4.12 a análise de variância do teor de acidez total titulável na embalagem laminada da polpa de umbu em pó. Verificam-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4.12. Análise de variância dos valores médios do teor de acidez na embalagem de polietileno da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	0,20498	0,03416	3,7935 *
Resíduo	14	0,12608	0,00901	
Total	20	0,33105		

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Analisando-se os resultados dos valores médios de acidez total titulável do umbu em pó durante o armazenamento em embalagem de polietileno, apresentados na Tabela 4.13, nota-se que não houve variação significativa entre os valores médios de acidez, apesar da diferença entre os tempos 10 e 60 dias, que se constituiu em caso isolado. Entre os tempos zero e 60 dias, a diferença percentual foi ainda menor que a obtida com a embalagem laminada, atingindo um valor em torno de 2,89% divergindo, portanto, do resultado obtido por SOARES et al. (2001) que apresentaram diminuição de 14,06% no percentual de acidez na polpa de acerola em pó armazenada em embalagem laminada durante 90 dias. Diante da manutenção dos valores de acidez ao longo do armazenamento, é possível considerar um valor médio representativo deste índice nos 60 dias avaliados, o qual se situou em 5,31, com coeficiente de variação de 1,78%.

Tabela 4.13. Valores médios do teor da acidez total titulável do umbu em pó na embalagem de polietileno, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)
0	5,3033 ab
10	5,1333 b
20	5,2767 ab
30	5,3600 ab
40	5,3967 ab
50	5,2433 ab
60	5,4567 a

DMS = 0,26463; MG = 5,31%; CV (%) = 1,78715

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.5. Açúcares redutores

A análise de variância dos valores médios dos açúcares redutores da polpa de umbu em pó, se encontra na Tabela 4.14, na qual se verifica que houve diferenças significativas a

nível de 1% de probabilidade pelo teste F para os fatores estudados (tempo, embalagem) e sua interação.

Tabela 4.14. Análise de variância dos valores médios do teor de açúcares redutores da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	24.539,82227	4.089,97046	4.265,3110 **
Embalagem	1	173,29315	173,29315	180,7224 **
Embalagem x Tempo	6	125,89500	20,98250	21,8820 **
Resíduo	28	26,84896	0,95889	
Total	41	24.865,85938		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tendo em vista os resultados dos valores médios dos açúcares redutores do umbu em pó apresentados na Tabela 4.15, os teores médios de açúcares redutores das amostras em embalagem laminada diminuíram gradativamente com o decorrer do tempo de armazenamento. Tais diminuições se fizeram sentir, na maioria dos casos, em intervalos de 20 dias, de tal forma que o teor inicial de açúcares se mantém estatisticamente inalterado nos primeiros dez dias, apresentando diferença significativa apenas aos 20 dias de armazenamento. O teor medido aos 20 dias também permanece estatisticamente inalterado aos 30 dias e difere do valor medido aos 40 dias. Igualmente, no intervalo entre 50 e 60 dias de armazenamento tem-se teores de açúcares estatisticamente iguais.

As amostras acondicionadas em embalagem de polietileno também tiveram seus teores de açúcares redutores reduzidos, mas em ritmo mais rápido, sobretudo nos primeiros 20 dias de armazenamento. Dos 20 dias em diante, as reduções passam a ser mais gradativas, com variações significativas, exceto entre 40 e 50 dias, entre intervalos de 20 dias e entre 20 e 40 e 50 e 60, como ocorrido com a embalagem laminada.

Comparando-se os valores dos açúcares redutores entre as embalagens para cada tempo individualmente, as amostras em embalagem laminada mantiveram valores superiores em cinco dos seis intervalos de tempo de armazenamento em que foram

Tabela 4.16. Análise de variância dos valores médios do parâmetro luminosidade (L) da polpa de umbu em pó

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	85,81250	14,30208	22,2541 **
Embalagem	1	39,64360	39,64360	61,6857 **
Embalagem x Tempo	6	31,43973	5,23996	8,1534 **
Resíduo	28	17,99479	0,64267	
Total	41	174,89063		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Verifica-se, na Tabela 4.17 que em relação à polpa de umbu integral, a luminosidade (L^*) da polpa de umbu em pó logo após a desidratação, permaneceu na mesma faixa de valor, 44,40 e 46,57, respectivamente.

Analisando-se os resultados dos valores médios do parâmetro luminosidade (L) do umbu em pó apresentados nesta Tabela, tem-se que a luminosidade nas amostras em embalagem laminada se mantiveram estatisticamente constantes durante o período de armazenamento notando-se, porém, uma diferença apenas entre os resultados obtidos no tempo de 20 dias em relação aos valores de luminosidade para 40, 50 e 60 dias constituindo-se, porém, em caso isolado. A pequena variação nos valores de luminosidade durante o armazenamento também foi verificada por AGUIRE et al. (2003) ao manterem acerola em pó em embalagem aluminizada, a temperatura ambiente.

Com relação ao comportamento do parâmetro luminosidade nas amostras de umbu em pó embaladas em polietileno, constata-se que, permaneceu inalterado entre o tempo inicial e os primeiros 30 dias; a seguir, no entanto, sofreu redução significativa entre 30 e 40 dias, permanecendo neste patamar seguinte até o final dos 60 dias de armazenamento.

Comparando-se os valores médios do parâmetro luminosidade (L) entre as embalagens para cada tempo individualmente, verifica-se que não diferiram significativamente entre os tempos zero, 10 e 30 dias, tornando-se diferentes a partir do tempo 40 permanecendo assim até o final do tempo de armazenamento, o que conduz à

conclusão de que a embalagem laminada conservou a luminosidade dentro das condições iniciais.

A diferença entre a luminosidade no tempo zero e ao final do armazenamento nas amostras em embalagens laminadas, não superou 2,1%. Nas amostras embaladas em polietileno a redução atingiu um valor próximo de 11%, revelando as maiores alterações acarretadas pela utilização desse tipo de embalagem. Este valor é inferior ao determinado por GOMES (2002) que foi de 18,84% de redução no valor da luminosidade da polpa de acerola em pó, aos 60 dias.

Tabela 4.17. Valores médios do parâmetro luminosidade (L) do umbu em pó nas diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminado	Polietileno
0	46,5667 abA	46,5667 aA
10	46,3000 abA	46,5667 aA
20	47,8000 aA	45,9667 aB
30	46,2667 abA	45,4000 aA
40	45,3000 bA	42,2000 bB
50	45,0333 bA	41,1333 bB
60	45,6000 bA	41,4667 bB

DMS para colunas = 2,1030 DMS para linhas = 1,3598; MG = 45,15476; CV% = 1,79949

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.7. Intensidade de vermelho (+a*)

Na Tabela 4.18 encontra-se a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a) da polpa de umbu em pó na embalagem laminada. Verifica-se ausência de diferenças significativas pelo teste F para o fator estudado tempo.

Tabela 4.18. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu em pó na embalagem laminada

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	4,41854	0,73642	1,2823 ns
Resíduo	14	8,04045	0,57432	
Total	20	12,45898		

ns = não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Na Tabela 4.19 acha-se a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu em pó na embalagem de polietileno, e, também, não houve diferenças significativas pelo teste F para o fator estudado tempo.

Tabela 4.19. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) da polpa de umbu em pó na embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	6,29834	1,04972	2,1236 ns
Resíduo	14	6,92041	0,49431	
Total	20	13,21875		

ns = não significativo

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Constata-se, na Tabela 4.20, um escurecimento da polpa de umbu com o processo de desidratação, passando na polpa integral de verde ($a^* = -0,63$) para ser representado na escala de vermelho ($a^* = +11,73$) na polpa em pó.

Analisando-se os resultados dos valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (a^*) das amostras de umbu em pó, apresentados nesta Tabela, observa-se que não ocorreram diferenças significativas entre o tempo zero e os demais tempos, inclusive ao final do armazenamento (60 dias), em ambas as embalagens, ou seja, a proteção maior ou menor proporcionada pelo laminado ou pelo polietileno não influenciou a intensidade de vermelho no período estudado.

Comparando-se os resultados de intensidade de vermelho entre embalagens também não se notam diferenças importantes, sendo que a maior variação, constatada no tempo de 60 dias, não chegou a atingir 6%, resultado este é inferior ao valor verificado por GOMES (2002), para a polpa de acerola em pó, que obteve acréscimo de 35% constatou que as condições de armazenamento influenciam no parâmetro intensidade de vermelho (a).

Tabela 4.20. Valores médios do parâmetro intensidade de vermelho (+a*) do umbu em pó nas diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminado	Polietileno
0	+11,73333 a	+11,73333 a
10	+11,70000 a	+11,23333 a
20	+12,20000 a	+12,70000 a
30	+11,80000 a	+11,86667 a
40	+13,00000 a	+12,76667 a
50	+11,53333 a	+11,83333 a
60	+11,86667 a	+12,63333 a

Laminada: DMS = 2,11331; MG = 11,97619; CV% = 6,32787

Polietileno: DMS = 1,96060; MG = 12,10952; CV% = 5,80597

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.2.8. Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela 4.21 encontra-se a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da polpa de umbu em pó além de diferenças significativas a nível de 5% de probabilidade pelo teste F, para o fator estudado tempo.

Tabela 4.21. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da polpa de umbu em pó na embalagem laminada

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	34,53809	5,75635	3,5254 *
Resíduo	14	22,85938	1,63281	
Total	20	57,39746		

* Significativo a nível de 5% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Na Tabela 4.22 tem-se a análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da polpa de umbu em pó, verificando-se diferenças significativas a nível de 1% de probabilidade pelo teste F para o fator estudado tempo.

Tabela 4.22. Análise de variância dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) da polpa de umbu em pó na embalagem de polietileno

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M	F
Tempo	6	69,52702	11,58784	24,9572 **
Resíduo	14	6,50033	0,46431	
Total	20	76,02734		

** Significativo a nível de 1% de probabilidade

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Na Tabela 4.23, há indício de escurecimento da polpa de umbu com o processo de desidratação, passando na polpa integral o valor da intensidade de amarelo de +22,80 para +27,70 na polpa em pó.

Analisando-se os resultados dos valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) das amostras de umbu em pó armazenadas em embalagem laminada, apresentados na Tabela 4.23, nota-se ausência de diferença significativa entre as médias dos valores de b entre os tempos zero e todos os demais. A pequena variação nos valores do parâmetro intensidade de amarelo (b*) durante o armazenamento também foi verificada

por SOARES (2001) ao manter acerola em pó pelo processo “foam-mat” em embalagem laminada a temperatura ambiente.

Com relação ao comportamento das amostras em embalagem de polietileno, constata-se que não ocorreu alteração significativa entre os tempos inicial e aos 10 e 20 dias de armazenamento. Aos 30 dias vê-se diferença em relação aos tempos zero e 10 dias. Também aos 50 dias tem-se valores significativamente diferentes de todos os demais e, no final do armazenamento, aos 60 dias, um valor significativamente menor que os medidos nos três primeiros tempos registrados (zero, 10 e 20 dias). De maneira geral, nota-se tendência de decréscimo no parâmetro intensidade de amarelo das amostras embaladas em polietileno, refletindo a alteração, percebida visualmente, de escurecimento dessas amostras ao longo do armazenamento. Nessa embalagem, o percentual de redução do parâmetro entre os tempos zero e final (60 dias) foi de 12,5%, e o comportamento diverge do resultado obtido por GOMES (2002), para polpa de acerola em pó, que observou aumento nesse parâmetro devido, possivelmente, à reação das antocianinas com o ácido ascórbico presentes na acerola, resultando perda de ambos os componentes, com formação de pigmentos levemente escuros.

Tabela 4.23. Valores médios do parâmetro intensidade de amarelo (+b*) do umbu em pó nas diferentes embalagens, durante o armazenamento

Tempo de armazenamento (dia)	Embalagem	
	Laminado	Polietileno
0	+27,7000 a	+27,7000 a
10	+27,9333 a	+27,4667 a
20	+25,5667 a	+26,8667 ab
30	+25,4667 a	+25,0667 bc
40	+27,8667 a	+26,0667 abc
50	+24,6667 a	+22,2333 d
60	+25,5333 a	+24,2333 c

Laminada: DMS = 3,56332; MG = 26,39048; CV% = 4,84196

Polietileno: DMS = 1,90016; MG = 25,66191; CV% = 2,65531

DMS: Desvio mínimo significativo; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação

Obs.: Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas colunas e não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

4.3. Atividade de água

Na Tabela 4.24 encontram-se os resultados experimentais da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó e suas respectivas atividades de água nas diferentes temperaturas e, também, que as umidades de equilíbrio (U_{eq}) aumentam com o aumento da atividade de água (a_w) e, na maioria dos casos, diminuem com o aumento da temperatura. Este comportamento é similar aos valores estabelecidos por NASCIMENTO et al (2002) ao estudarem os valores de umidade de equilíbrio da banana prata madura.

Tabela 4.24. Valores experimentais da umidade de equilíbrio (U_{eq}) para as diferentes atividades de água (a_w) da polpa de umbu em pó, nas três temperaturas estudadas

Temperatura (°C)	a_w	U_{eq} (% b.s.)
25	0,0823	12,16
	0,0824	13,56
	0,3278	20,95
	0,4316	21,93
	0,6886	41,14
	0,7529	52,39
	0,8099	59,00
	0,8434	65,42
	0,9788	74,13
30	0,0738	10,92
	0,0758	11,01
	0,3244	17,08
	0,4317	20,54
	0,6789	30,01
	0,7314	41,44
	0,8063	45,50
	0,8362	52,75
35	0,9708	75,30
	0,0673	8,60
	0,0692	10,80
	0,3205	16,53
	0,4317	20,97
	0,5455	26,75
	0,6696	40,50
	0,7206	45,80
	0,7487	50,97
0,8027	56,68	
0,8295	61,73	

A Tabela 4.25 mostra os valores dos parâmetros dos modelos testados, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C. Verifica-se que os modelos de Peleg e GAB apresentaram os maiores valores de R^2 , todos acima de 0,9, e os menores valores de P. Esse comportamento era esperado uma vez que os modelos possuem 4 e 3 parâmetros, respectivamente sendo comprovado na maior parte das vezes, que o maior número de parâmetros corresponde ao melhor ajuste, como observado por FARIAS et al. (2002) ao estudarem as isotermas de dessecção do cajá. O modelo de Peleg apresenta superioridade em relação ao modelo de GAB, com valores maiores de R^2 e menores de P. De acordo com PASCUAL et al. (2003) considera em geral, que valores de R^2 em torno de 1 e de P menores que 10% são, para efeito prático, indício de bom ajuste.

No Apêndice A, Tabelas A.1 a A.12, encontram-se os valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, os resíduos e os erros relativos dos modelos testados.

Os valores do parâmetro K do modelo de GAB resultaram abaixo de um (1), na faixa entre 0,6 e 0,9, apresentando aumento desse parâmetro com o aumento da temperatura, sendo contrário, então ao comportamento verificado por ALTARRIBA et al. (1994) ao estudarem a predição da atividade de água de *Cyperus esculentus* L. entre 25 e 45°C, apesar de também apresentarem valores < 1, entre 0,9 e 0,8; além disso, este parâmetro representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume de líquido.

Os valores da umidade na monocamada (X_m), do modelo de GAB aqui determinados nas temperaturas de 25°C e 30°C, estão próximos aos valores determinados por GOMES (2002) para o pó de acerola seco em leite de jorro, nas mesmas temperaturas, de aproximadamente 28% e 19%, respectivamente, demonstrando a característica higroscópica desses materiais. Verifica-se, também, diminuição de X_m com o aumento da temperatura de 25°C para 30°C, porém entre 30°C e 35°C permaneceu na mesma faixa (15% b.s.); este comportamento de redução com o aumento da temperatura foi observado por SCHEFFLER et al. (1994) para biscoitos, por SOUZA et al. (2003) para biofilme e por ASCHERI & MARTUCCI (1996) para óleo essencial de laranja microencapsulado. A

umidade na monocamada é considerada como o teor de umidade para uma armazenagem segura, na qual o material teria estabilidade máxima (MISHRA et al., 1996).

Entre os modelos testados de dois parâmetros, o que apresentou melhor resultado foi o de OSWIN, exceto na temperatura de 25°C, na qual foi inferior ao de Langmuir.

Tabela 4.25. Parâmetros de ajuste dos modelos testados da isoterma de adsorção da polpa de umbu em pó, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C.

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros				R^2	P (%)
		K_1	N_1	K_2	N_2		
Peleg	25	4,6837	-0,3713	74,7390	1,6893	0,9867	6,57
	30	21,7443	0,2620	60,5113	3,8285	0,9930	3,37
	35	16,4686	0,1970	79,1416	2,9094	0,9978	3,76
GAB	Temperatura (°C)	X_m	C	K	R^2	P (%)	
	25	27,41704	7,149186	0,685832	0,9586	16,21	
	30	15,02100	28,60684	0,827778	0,9893	6,31	
	35	15,22356	17,43731	0,921778	0,9881	7,28	
Oswin	Temperatura (°C)	a	b	R^2	P (%)		
	25	34,0327	0,2365	0,8332	28,13		
	30	27,0445	0,3066	0,9534	14,32		
	35	27,0233	0,5325	0,9862	10,46		
Langmuir	Temperatura (°C)	M_a	M_b	R^2	P (%)		
	25	13.3301,10	0,0005	0,9340	22,01		
	30	2.1361,81	0,0029	0,8577	26,84		
	35	8.7642,90	0,0007	0,9136	23,54		

As isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu para as três temperaturas estudadas, ajustadas pelo modelo de GAB, estão representadas na Figura 4.1, na qual se

constata, visualmente, os aumentos das umidades de equilíbrio com o aumento da atividade de água.

Analisando-se a posição relativa das curvas, constatam-se excluídos os pontos iniciais, com a_w em torno de 0,1 que, para a_w até valores próximos de 0,8, tem-se menores umidades de equilíbrio para temperaturas mais altas. A partir de a_w próximas a 0,7 inicia-se uma mudança nessa tendência com as curvas referentes a 30 e 35°C, passando por deflexões ascendentes mais acentuadas aproximando-se, assim, da curva referente a 25°C. A partir de a_w igual a 0,8 as maiores umidades de equilíbrio correspondem à temperatura de 35°C e em a_w próximas a 1,0, maiores umidades de equilíbrio correspondem a a_w mais altas. Comportamento semelhante tem sido relatado por PENA et al. (1996) para pó de guaraná e por CIAMPONE et al. (1998) para produto dietético em pó. Observa-se que as curvas ajustadas apresentam forma sigmóide, classificadas como isothermas do Tipo II de acordo com a classificação de Brunauer et al., citados por RIVZI (1986).

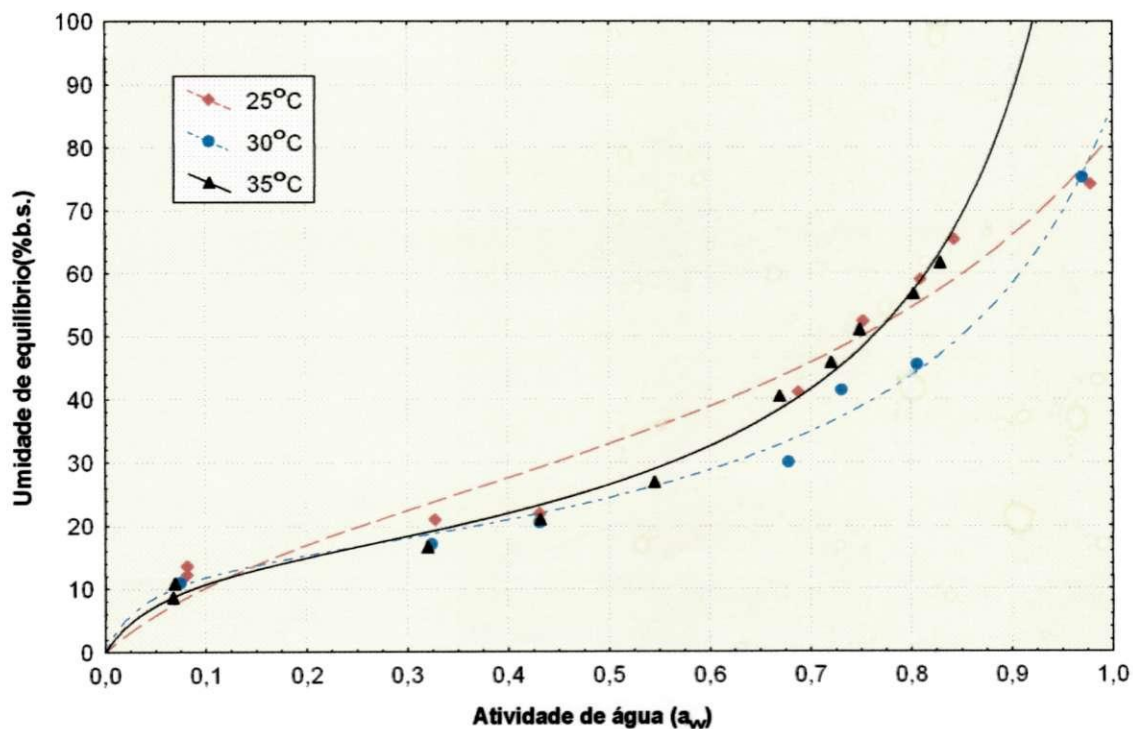


Figura 4.1. Isothermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustadas pelo modelo de GAB

A Figura 4.2 apresenta os valores experimentais e as isothermas de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó para três temperaturas (25°C, 30°C e 35°C) usando o

modelo de Peleg. Consta-se que as curvas ajustadas mostram a forma exponencial classificada como isotermas do Tipo III, típicas de alimentos ricos em componentes solúveis.

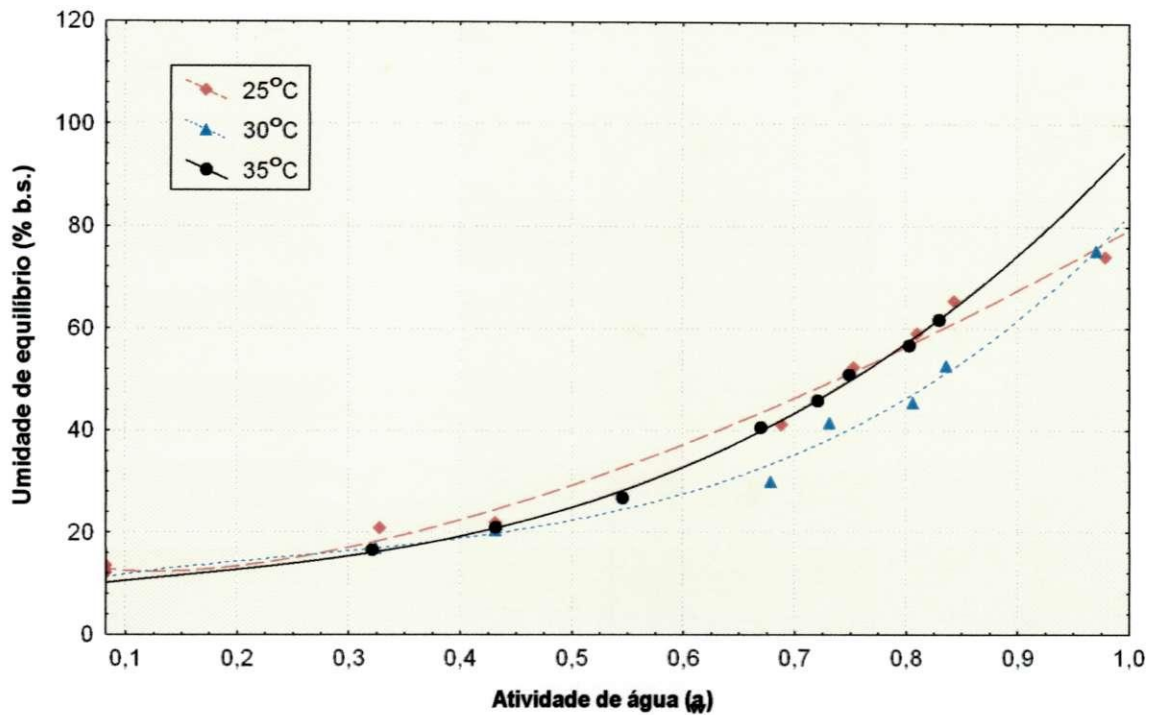


Figura 4.2. Isotermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustadas pelo modelo de Peleg

Os resultados experimentais e preditos pelo modelo de Oswin da umidade de equilíbrio em função da atividade de água da polpa de umbu em pó, nas temperaturas de 25°C, 30°C e 35°C, estão apresentados na Figura 4.3, constatando-se aumento das umidades de equilíbrio com os aumentos da atividade de água.

De maneira semelhante ao observado nos modelos de GAB e Peleg em a_w mais baixas, as menores umidades de equilíbrio correspondem às maiores temperaturas. Em a_w igual a 0,5, a curva referente a 35°C se sobrepõe à de 30°C e, em a_w próximas de 0,7, supera também a de 25°C, com um afastamento pronunciado em relação às demais. Em a_w entre 0,9 e 1,0 a curva referente a 30°C supera a de 25°C, repetindo os resultados dos ajustes com os modelos de GAB e Peleg, em que nas a_w mais altas os maiores valores de umidade de equilíbrio correspondem às temperaturas mais altas.

Como foi observado nas curvas ajustadas representadas pelo modelo de GAB, verifica-se também para o modelo de Oswin curvas do Tipo II.

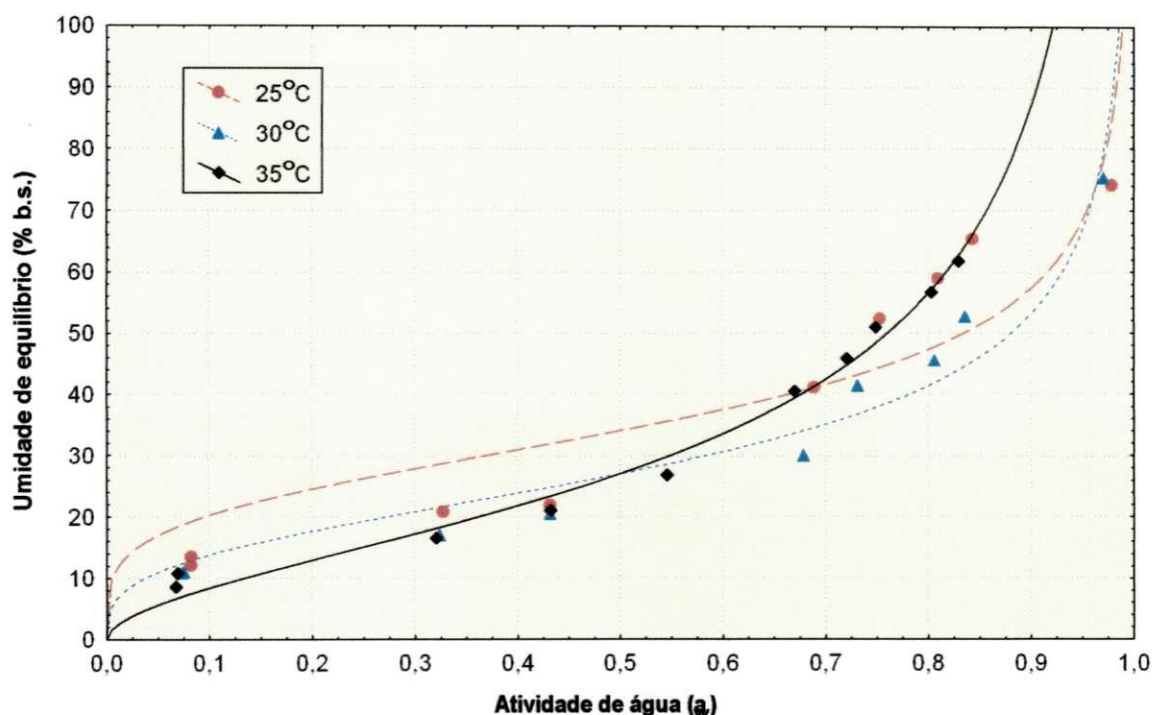


Figura 4.3. Isotermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustadas pelo modelo de Oswin

As isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó para as três temperaturas estudadas, ajustadas pelo modelo de Langmuir, estão apresentadas na Figura 4.4 em que se observam aumentos nas umidades de equilíbrio com o aumento da atividade de água.

Nas curvas de ajuste de tipo não sigmoidal, originadas dos ajustes pelo modelo de Langmuir, tem-se tendências diversas das verificadas nos outros modelos empregados. Nas curvas obtidas a partir desse modelo, as maiores umidades de equilíbrio em cada a_w correspondem, em todos os pontos, à temperatura de 25°C. Em posição intermediária se encontra a curva referente a 35°C e, abaixo de todas, a correspondente a 30°C. Visto não ocorrer cruzamentos como nas curvas obtidas com os demais modelos, as posições relativas se mantêm do início ao fim da escala de a_w , resultando em um comportamento de umidades de equilíbrio que se relaciona diretamente com a a_w e que não reflete influência definida com a temperatura.

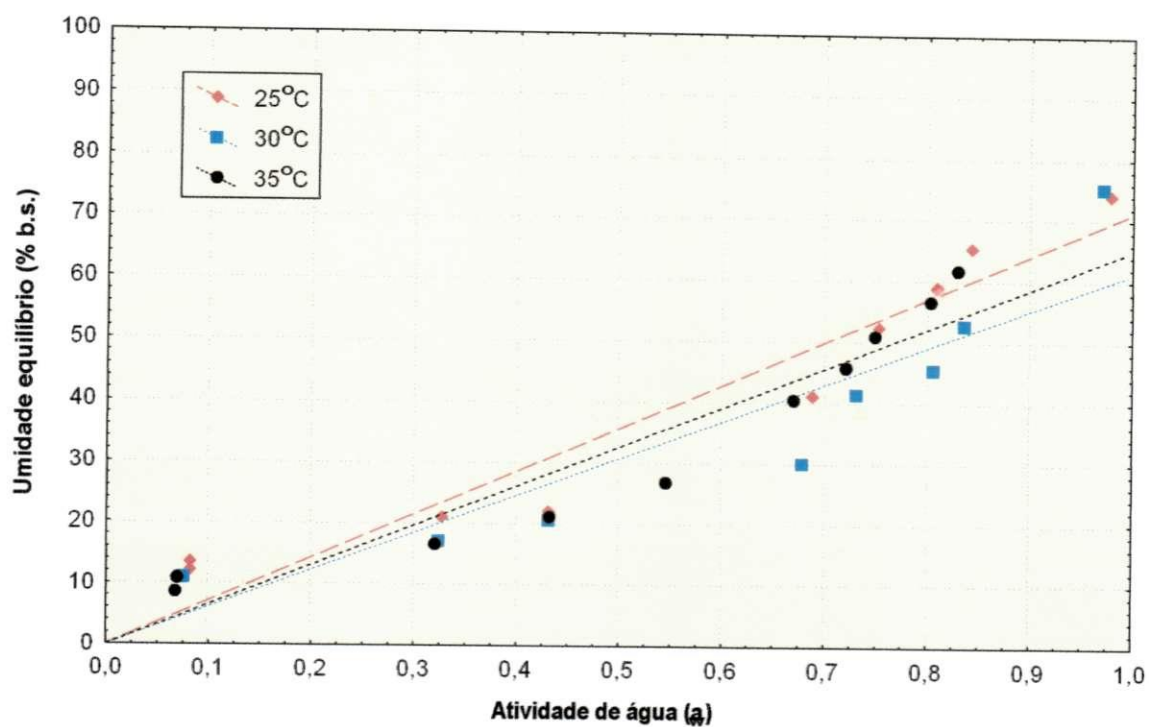


Figura 4.4. Isotermas de adsorção da polpa de umbu em pó, ajustadas pelo modelo de Langmuir

5. CONCLUSÕES

Quanto aos resultados médios da caracterização físico-química da polpa de umbu:

- Os valores médios do pH e dos sólidos solúveis totais (°Brix) foram 3,73 e 11,73, respectivamente.
- Os teores médios de umidade e de sólidos totais da polpa de umbu foram 89,29% e 10,71%, respectivamente.
- A quantidade de cinzas e de ácido ascórbico resultou em médias de 0,35% e 11,67 mg/100g, respectivamente.
- O resultado da acidez total titulável foi de 0,39% de ácido cítrico.
- Os valores médios da densidade e dos açúcares redutores foram 1060 kg/m³ e 3,67% de glicose, respectivamente.

Em relação aos resultados durante o armazenamento da polpa de umbu em pó a temperatura ambiente verifica-se, em todas as características avaliadas, melhor conservação das amostras nas embalagens laminadas, pelo fato das reduções ou aumentos verificados ao longo do armazenamento ocorrerem em menores proporções nos materiais nesse tipo de embalagem, conforme os itens seguintes:

- Os valores médios da umidade entre o tempo zero e o final do armazenamento aos 60 dias as amostras, sofreram aumento de 14,3% na embalagem laminada. A umidade das amostras do umbu em pó na embalagem de polietileno apresentou a umidade aumento de 50,1% entre o tempo zero e o final do armazenamento.
- Considerando-se os resultados entre tempo inicial e final do armazenamento na embalagem laminada nota-se que ocorreu redução no teor de ácido ascórbico de 30,07%; já na embalagem de polietileno por constatar perda maior, totalizando 38,45%.

- Estatisticamente, não houve diminuição no pH das amostras armazenadas nas embalagens laminada e de polietileno entre o tempo inicial e o final do armazenamento.
- Embora sem diferença estatística, o material em embalagem laminada sofreu aumento da acidez total titulável, de 3,58% ao final dos 60 dias de armazenamento, enquanto na embalagem de polietileno se obteve diferença de percentual ainda menor que a obtida na embalagem laminada, atingindo um valor em torno de 2,89%.
- O teor médio de açúcares redutores das amostras em embalagem laminada diminuiu gradativamente com o decorrer do tempo de armazenamento atingindo um percentual de redução de 62,07%; já as amostras em embalagem de polietileno sofreram reduções do teor de açúcares redutores, mas em ritmo mais rápido, totalizando um percentual de perda de 63,63%.
- O parâmetro luminosidade (L) se manteve estatisticamente inalterado durante o tempo de armazenamento nas amostras em embalagem laminada. Nas amostras em embalagem de polietileno, constataram-se reduções significativas na luminosidade ao final dos 60 dias de armazenamento.
- Não foram observadas diferenças significativas no parâmetro intensidade de vermelho (a^*), ao longo do armazenamento, nas amostras embaladas em laminado ou em polietileno.
- O parâmetro intensidade de amarelo (b^*) nas amostras em embalagem laminada não apresentou diferenças significativas entre as médias ao longo do período armazenamento. Com relação ao comportamento das amostras em embalagem de polietileno, observou-se decréscimo na intensidade de amarelo (b^*), consequência do escurecimento do material.

Quanto às isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó:

- O modelo de PELEG, com curvas ajustadas apresentando forma exponencial, resultou nos melhores ajustes aos dados experimentais, podendo representar as isotermas

de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó apresentando, em todas as temperaturas (25°C, 30°C e 35°C) coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,9 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 10%.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRE, J. M. de; TOCCHINI, R. P.; NISIDA, A. L. C.; ANIOS, V. D. A.. Desidratação de acerola. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Ingeniería de alimentos nuevas fronteras em el siglo XXI: deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: Editorial UPV, 2003. p. 133-138.

ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: editora universitária, 2003. p. 261-278.

ALMEIDA, M. M. de. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondias tuberosa Arruda Câmara*): alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação**. 1999. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

ALTARRIBA, A.; NUÑEZ-LEMONS, A.; VIDAL, D. Application of the G.A.B. equation to prediction of the water activity of chufa tubers (*Cyperus esculentus* L.). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PROPERTIES OF WATER, 2. 1994, Puebla. **Proceedings ...**. Puebla: Universidad de las Américas Puebla, 1994. p. 7-10.

APENBURG, O. R. O. **Desidratação do côco pelo processo “FOAM MAT” (côco em pó)**. 1971. 37 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ARAÚJO, F. P. de.; SANTOS, C. A. F.; CAVALCANTE, N. de B.; REZENDE, G. M. de. Influência do período de armazenamento das sementes de umbuzeiro na sua germinação e no desenvolvimento da plântula. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 26, n. 2, p. 36-37, 2001.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 1. ed. Viçosa. Imprensa Universitária, 1995, 335p.

ARAÚJO, M. S. O. de. **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais de polpas de acerola (*Malpighia emarginata* D. C) submetidas a diferentes técnicas de congelamento**. 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

AROGBA, S. S. Effect of temperature on the moisture sorption isotherm of a biscuit containing processed mango (*Mangifera indica*) kernel flour. **Journal Food Engineering**, v. 48, p. 121-125, 2001.

ASCHERI, D. P. R.; MARTUCCI, E. T. Microencapsulamento de óleo essencial de laranja: determinação de isothermas de adsorção. In: HUBINGER, M.; MURR, F. X.; AGUILERA, J. M. **Equipos y Procesos para la Industria de Alimentos**: Propriedades físicas de los alimentos. Valencia: Servicio de publicaciones, 1996. p. 209 – 215.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. AOAC. **Official methods of analysis**, WILLIAMS, S. (Ed) 14. ed. Arlington: 1984. 1141 p.

ATENCIA, E. J. E.; FARIA, J. de A. F. Vida útil dos óleos acondicionados em embalagens plásticas. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 18., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutas**. São Paulo: Nobel, 1993. 115 p.

BANDEIRA, M. da G. A. **Efeito de conservadores químicos na estabilidade microbiológica de Tilápia (*Tilapia rendalli*) defumada a quente e armazenada sob refrigeração (10°C ± 1°C)**. 1994. 82 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. de. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 316 p.

BATES, R. P. Factors affecting foam production and estabilization of tropical fruit products. **Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 93-96, 1963.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 31, n. 4, p. 507-513, 1998.

BLEINROTH, E. W. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1988. 200p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 223 p.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. Campinas: Fundação Cargill, 1984. 306 p.

BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1992. 145 p.

BRAGA, M. E. D.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; SILVA, A. O. Parâmetros hidrodinâmicos de transporte de umbu e goiaba. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Propiedades físicas y aspectos fisicoquímicos em relación com los procesos alimentarios**. Valencia: Editora UPV, 2003. p. 37-42.

BRASIL, I. M.; GUTMARÃES, A. C. L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: químicas e bioquímica do processamento**, Brasília: ABEAS, 1998, v. 5, 109 p.

BRECHT, P. E. Use of controlled atmospheres to retard deterioration of produce. **Food Technology**, v. 34, n. 3, p. 45–50, 1980.

BRENAN, J. G. **Las operaciones de la ingeniería de los alimentos**. Zaragoza: Editorial Acribia, 1970.

CABRAL, A. C. D.; MADI, L. F. C.; SOLER, R. M.; ORTIZ, S. A. **Embalagem de produtos alimentícios**. São Paulo. P. 65–73.

CALIL, R. M. & AGUIAR, J. de A. **Aditivos nos alimentos**. São Paulo, 1999. 139 p.

CAMARGO, R. de. **Tecnologia dos produtos agropecuários**. São Paulo: Nobel, 1984.

CARVALHO, C. R. L.; MANTOVAN, D. M. B.; CARVALHO, P. R. N.; MORAIS, R.M. de. **Análise química de alimentos**. Instituto de tecnologia de alimentos, Campinas, 1990, 121p.

CAVALCANTI, N. de B.; RESENDE, G. M. de; BRITO, L. T. de L. **Processamento do fruto do imbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arru. Cam.)**. **Ciências agrotécnicas**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 252-259, 2000.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Unicamp: metha, 1999, 212 p.

CHAVES, J. B. P. **Análise sensorial: histórico e desenvolvimento**. Viçosa: Imprensa universitária, 1993, 31 p.

CHITARRA, A. B.; PRADO, M. E. T. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: manutenção e qualidade**. Utilização de atmosfera modificada e controlada em frutos e hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 62 p.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutos e hortaliças**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças. fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1990. 320 p.

CIABOTTI, E. D. **Alterações das propriedades físico-químicas do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa* Deg.) para diferentes técnicas de congelamento inicial, ao longo do período de armazenagem frigorificada**. 2000. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

CIAMPONE, S.; BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Comportamento higroscópico de produto dietético em pó a base de soro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. CD.

CID, C.; ASTICISARÁRAN, I.; Y BELLO, J. Modificaciones en el contenido de vitamina C en zumos naturales, desde su elaboración hasta su posible consumo. **Alimentaria**, v. 28, n. p. 41–43, 1991.

COUTO, S. R. L. M.; BOTTINO, T. R.; GREGÓRIO, S. R. Identificação de fontes de vitamina C em polpas de frutas comerciais congeladas e concentradas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. CD.

CRUZ, G. A. **Desidratação de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Globo Rural, 1989.

CZYHRINCIW, N. Tropical fruit technology. **Advances in food research**, New York. V. 17, p. 153-208, 1969.

EPSTEIN, L. **A riqueza do umbuzeiro**. [online]. Disponível na Internet via: http://www.seagri.ba.gov.br/revista/rev_1198/umbu.htm Arquivo capturado em: 11 setembro de 2003.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia dos alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 1994. 270 p.

FAFEP/SINE - PB (FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DA PARAÍBA - SISTEMA NACIONAL DE EMPREGO). **Curso de tecnologia de industrialização de frutas**. João Pessoa, 1997. 24 p.

FARIAS, E. da S.; NASCIMENTO, J. do; ALMEIDA, R. C. de; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. de A. C.; PEREIRA, E. A. Obtenção das isotermas de desorção do cajá. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. CD.

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

FERREIRA, J. C.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; BRAGA, M. E. D. Análise sensorial da polpa de umbu submetida a congelamento inicial em temperaturas criogênicas e armazenadas em câmaras frigoríficas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 7–17, 2000.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. **Caracterização físico-química do suco e pó de acerola (*Malpighia puniceifolia*, L.)**. 1998. 184 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; GRANDIN, A.; MARTUCCI, E. T. Armazenamento do suco de acerola microencapsulado. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 1–6, 2001.

FRANCIS, F. J.; CLYDESDALE, F. M. **Food colorimetry: theory and applications**. Amherst: The avi publishing company, inc, 1975. 477 p.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **Manual para fabricação de geléias**. Belo Horizonte, v. 1, p. 23, 1995.

GALVÃO, M. de S. **Estudo sobre a pós-colheita de umbu (*Spondias tuberosa*) e umbucajá (*Spondias sp.*) com ênfase em compostos voláteis**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, João Pessoa.

GARCIA, E. E. C. Embalagem para tomate. **In: Tomate para exportação: Procedimentos de colheita e pós-colheita**. Série de Publicações Técnicas FRUPEX, 1995, 34p.

GAVA, A. J. **Princípios de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Nobel, 1998. 284 p.

GOMES, P. M. de A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D. C) desidratada em leite de jorro**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

GOMES, R. de C. M.; CAVALCANTI, N. B.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S. C. de.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A. Perfil lipídico e mineral da semente de umbu. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 18., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD.

GREENSPAN, L. Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. **J. Res. Nat. Bur. of Standards**, v. 81, n. 1, p. 89-96, 1977.

GUIMARÃES, F. L. G. **Avaliação das características físico-químicas e sensoriais da polpa de manga (*Mangífera indica L.*) submetida a diferentes condições de processamento e de armazenamento frigorificada**, 2000. 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

HINZ, C. Description of sorption data with isotherm equations. **Journal Food Engineering**, v. 99, p. 225-243, 2001.

HOSSAN, M. D.; BALA, B. K.; HOSSAN, M. A.; MONDOL, M. R. A. Sorption isotherms and heat of sorption of pineapple. **Journal Food Engineering**, v. 43, p. 103-107, 2001.

IBGE. Extração vegetal e silvicultura: umbu. **Anuário Estatístico do Brasil**, Rio de Janeiro, v. 56, p.3-58, 1996.

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

JACOMINO, A. P. Pós-colheita de frutas e hortaliças. [online]. Disponível na Internet via: www.agrorganica.com.br. Arquivo capturado em 11 de setembro de 2003.

LARA, A. B. W. H.; NAZÁRIO, G.; ALMEIDA, M. E. W.; PREGNOLATO, W. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Melhoramentos, 1976, v. 1, 371p.

LEWICKI, P. P. Raoult's law food water sorption isotherm. **Journal Food Engineering**, v. 43, p. 31-40, 2000.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização físico-química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, 2002.

LIMA, I. J. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Variações químicas e físico-químicas de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. CD.

LÓPEZ, M. A. C.; ROJAS, M.; Y COSANO, Z. G. Contenido de vitamina C en espárragos frescos. **Alimentaria**. v. 29, p. 39-42, 1992.

LIMA, E. D. P. A.; LIMA, C. A. A.; ALDRIGUE, M. L.; GONDIM, P. J. S. Caracterização físico-química dos frutos da umbu-cajazeira (*Spondias spp*) em cinco estádios de maturação, da polpa congelada e néctar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, 2002.

LIMA, I. J. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de. Variações químicas e físico-químicas de polpa de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., Salvador. **Anais...** Salvador: SBEA, 2002. CD.

LÓPEZ, M. A. C.; ROJAS, M.; Y COSANO, Z. G. Contenido de vitamina C en espárragos frescos. **Alimentaria**. v. 29, p. 39–42, 1992.

LUCCHESI, G. T.; GUERRA, C. C. Efeito da aplicação de fito-hormônio sobre a cor da uva de seis cultivares *Vitis vinifera* tintas In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD.

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: ABEAS, 1998. v.2, cap.22, p.219-224.

MEDEIROS, M. L.; AYROSA, A. M. I. B.; LANNES, S. C. da S. Comportamento higroscópico de derivados do cupuaçu e do cacau. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 18., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD.

MEIRA, M. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Ajuste dos modelos matemáticos às isotermas de dessorção de acerola passa. In: HUBINGER, M.; MURR, F. X.; AGUILERA, J. M. **Equipos y Procesos para la Industria de Alimentos**. Propriedades físicas de los alimentos. Valencia: Servicio de publicaciones, 1996. p. 282–289.

- MENDES, B. V. **Plantas das Caatingas: umbuzeiro**. Mossoró: Fundação Vingt-UM Rosado (Coleção Mossoroense). Juazeiro e Sabiá – Mossoró, 2001. p. 27-33.
- MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**: importante fruteira do semi-árido. Mossoró: ESAM, 1990. 66 p. (ESAM. Coleção Mossoroense. Série C v. 554).
- MESQUITA, P. C.; VASCONCELOS, P. M. de; PINHEIRO, S. H. de M.; FREIRE, J. D.; FEIJÓ, V. A. Feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris*) desidratado: uma alternativa viável de aproveitamento de alimentos. In: Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos, 18., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBCTA, 2002. CD.
- MISHRA, V. K.; OORAIKUL, B.; TEMELLI, F. Physical characterization and water sorption of freeze dried dulce *Palmaria palmata* powder. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 20, n. 1, p. 25-39, 1996.
- NAGY, S. Vitamin C contents of citrus fruit and their products: a review. **J. Agric Food Chem.** v. 28, n. 1, p. 8-17, 1980.
- NARAIN, N.; BORA, P. S.; HOLSCHUH, H. J.; VASCONCELOS, M. A. S. Variation in physical and chemical composition during maturation of umbu (*Spondias tuberosa*) fruits. **Food Chemistry**, v. 44, p. 255-259, 1992.
- NASCIMENTO, J. do; FARIAS, E. da S.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. de A. C.; ALMEIDA, R. C. de; SILVA, M. M. da. Avaliação de modelos matemáticos em isotermas de banana prata madura (*Musa acuminata*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31, Salvador, **Anais...**; Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002. CD.
- NOGUEIRA, C. M. C. da C. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. 1991. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

NORONHA, M. A. S. de. **Armazenamento do abacaxi (*Ananas comosus L.*), cv. *Smooth cayenne L.* minimamente processado**. 2002. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

OLIVEIRA, A. L. de. **Umbuzeiro**. [online] Disponível na Internet via <http://www.macaubasemfoco.hpg.ig.com.br/umbuzeiro.htm> Arquivo capturado em: 11 setembro de 2003.

OLIVEIRA, R. P. S. **Determinação das propriedades físicas e de transporte de suco da acerola**. 1997. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas.

OLIVERA, P. B.; MENEZES, H. C. Estudo da estabilidade do néctar de acerola. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 16, n. 3, p. 228–232, 1996.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, 2001.

PASCUAL, P. G.; D’OCON, C.; CARBONELL, V.F.; SANJUÁN, N. Isoterma de adsorción de *Boletus edulis* liofilizado. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: Editora UPV, 2003. v. 2, p. 73-78.

PELEG, M. BAGLEY, E. B. **Physical properties of foods**. Las Vegas: Avi publishing company, inc, 1983. 532 p.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição de isotermas de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*). In: HUBINGER, M.; MURR, F. X.; AGUILERA, J. M. **Equipos y Procesos para la**

Industria de Alimentos. Propriedades físicas de los alimentos. Valencia: Servicio de publicaciones, 1996. p. 291 – 297.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemático bi e triparametricos na predição das isotermas de adsorção de umidade de guaraná (*Paullinia cupuna*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 8-11, 2000.

PENA, R.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Calor de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*) obtido em “spray dryer”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas**, v. 16, n. 2, p. 111-115, 1996.

PERRY, J. H. **Chemical engineer’s handbook**. 6 ed. v. 1. New York: Mc Graw-Hill, 1984.

POLICARPO, V. M. N.; RESENDE, J. M.; ENDO, E.; BORGES, S. V.; CAVALCANTI, N. B.; OLIVEIRA, V. M. Caracterização físico-química da polpa de umbu em diferentes estádios de maturação. **XVIII Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Porto Alegre-RS, 2002.

POMERANZ, Y.; MELOAN, C. E. **Food analysis**. Theory and practice. 3 ed. New York, 1994. 778 p.

RANGANNA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. Central Food Technological Research Institute Mysore. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. 1977. 634 p.

RAUCH, G. H. **Fabricacion de marmeladas**. Zaragoza, 1987.

RIZVI, S. S. H. Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: RAO, M. A.; RIZVI, S. S. H. **Engineering properties of foods**. New York: Marcel Dekker, 1986. p. 133-214.

ROCHA, J.L.V. da.; SPAGNOL, W.A. Frutas e hortaliças. In: VAN'DENER, A .G.F. *et al.* **Armazenamento de gêneros e produtos alimentícios**. São Paulo: Governo do Estado, 1983. Cap. 6, p.227-270.

RODRIGUES, J. A. S.; PINHEIRO, R. V. R.; CASALI, V. W. D.; CONDÊS, A. R. Comportamento de dez variedades de manga (*Mangífera indica*) em Viscosa e Visconde do Rio Branco. **Ceres**, v. 24, n. 136, p. 580-595, 1977.

SANTOS, C. A. F. Relação entre caracteres de produção do umbuzeiro com características químicas e teor de água do solo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 10, n. 2, p. 206 -212, 1998.

SANTOS, F. S. A. **Isotermas de adsorção de umidade de farinhas de mandioca temperadas**. Campina Grande: UFCG, 2003. 90p.

SCHEFFLER, M.; JAIMES, L. A.; PALOU, E.; ARGAIZ, A.; LÓPEZ-MALO, A. Texture changes in cookies and corn snacks in unction of water activity. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE PROPERTIES OF WATER, 2. 1994, Puebla. **Proceedings of the poster session**. Puebla: Universidad de las Américas Puebla, 1994. p. 176-179.

SEAGRI. **Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária**. [online]. Disponível na Internet via <http://www.seagri.ba.gov.br/umbuzeiro.htm>. Arquivo capturado em: 11 setembro de 2003.

SERVIÇO DE ORIENTAÇÃO AO CONSUMIDOR. . Disponível em: http://host2.codeagro.sp.gov.br/soc.diga_nao.htm. Acesso em: 28 ago. 2003.

SILVA, A. C. B. P. **Suco de abacaxi desidratado: aplicação do processo foam-mat drying**. 1971. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, J. de S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. 509 p.

SILVA, M. M.; GOUVEIA, J. P. G. de; MOURA, R. S. F.; ALMEIDA, F. A. C.; ARAÚJO, M. E. R. Adsorção de umidade em polpa de manga: Avaliação de modelos matemáticos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu, **Anais...**; Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. CD.

SILVA, M. S. A. P. R.; JALALI, V. R. R. Influência dos ácidos cítrico, fosfórico e láctico no pH de polpas de goiaba e manga. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, **Anais...**, Rio de Janeiro: CBCTA, CD. 1998.

SOARES, E. C. **Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “foam-mat”**. 1996. 153 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F. de; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA Jr., A.; S. FILHO, M. de S. de. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, 2001.

SOLER, M. P.; BLEINROTH, R. P.; LADEROZA, M.; DRAETTA, L. S.; LEITÃO, M. F. F.; RADOMILLE, L. R.; TOCCHINI, R. P.; FERREIRA, V. L. P.; MORI, E. E. M.; SOLER, R. M.; ARDIDO, E. F. G.; XAVIER, R. L.; NETO, R. O. T. **Industrialização de frutas**. Campinas – SP. ITAL, 1991. 175p. (Manual Técnico nº 8).

SOUSA, S. de. **Desenvolvimento experimental de passa de umbu (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)**. 1999. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SOUZA, S. M. A.; SOBRAL, P. J.; MENEGALLI, F. C. Isotermas de sorção de biofilmes e proteínas miofibrilares extraídas de carne bovina. In: FITO, P.; MULET, A.; CHIRALT, A.; ANDRÉS, A. **Ingeniería de alimentos nuevas fronteras em el siglo XXI: deshidratación de alimentos y propiedades relacionadas**. Valencia: Editorial UPV, 2003. p. 95-100.

SPAYD, S. E.; MORAIS, J. R.; BALLINGER, W. E. ; HIMELRICH, D. G. Maturity standars, harvesting postharvest handling and storage In: GALLETA, G. J.; HIMELRICH, D. G. **Small fruit crop management**. New Jersey: Prentice Hall, 1990, cap. 12, p. 504–531.

TEXEIRA NETO, R. O.; QUAST, D. G. **Isotermas de adsorção de umidade em alimentos**. Campinas: ITAL, v. 8, p. 141-197, 1993.

THÉ, P. M. P. ; CARVALHO, V. D. ; ABREU, C. M. P. ; NUNES, R. P. ; PINTO, N. A. V. D. Efeito da temperatura de armazenamento e do estágio de maturação sobre a composição química do abacaxi cv. *Smooth cayenne* L. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v. 25, n. 2, p. 356-363, 2001.

UBOLDI, M. **Desidratação por camada de espuma (“foam-mat”) de suco de tomate**. 1971. 32 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

WATADA, A. E. Effect of ethylene on the quality of fruit and vegetable. **Food Technology**, v. 40, n. 5, p. 82–85, 1986.

WILLS, R. B. H.; LEE, T. H.; GRAHAM, D. **Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables.** Wesport: AVT Publishing, 1981. 161 p.

APÊNDICE A

Tabela A.1. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de GAB a 25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0823	12,16	8,70427	3,45573	0,2842
0,0824	13,56	8,71275	4,84725	0,3575
0,3278	20,95	23,8604	-2,91043	-0,1389
0,4316	21,93	29,2233	-7,29326	-0,3326
0,6886	41,14	44,9295	-3,78948	-0,0921
0,7529	52,39	50,1227	2,26730	0,0433
0,8099	59,00	55,4654	3,53465	0,0599
0,8434	65,42	59,0191	6,40090	0,0978
0,9788	74,13	78,0621	-3,93207	-0,0530

Tabela A.2. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de GAB a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0738	10,92	10,4071	0,51295	0,0470
0,0758	11,01	10,5288	0,48116	0,0437
0,3244	17,08	18,7500	-1,66999	-0,0978
0,4317	20,54	21,9911	-1,45111	-0,0706
0,6789	30,01	33,3832	-3,37323	-0,1124
0,7314	41,44	37,2219	4,21806	0,1018
0,8063	45,50	44,3941	1,10588	0,0243
0,9708	75,3	75,8363	-0,53628	-0,0071

Tabela A.3. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de GAB a 35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0673	8,60	8,69288	-0,09288	-0,0108
0,0692	10,80	8,82917	1,97083	0,1825
0,3205	16,53	19,0073	-2,47725	-0,1499
0,4317	20,97	23,2666	-2,29662	-0,1095
0,5455	26,75	28,9773	-2,22731	-0,0833
0,6696	40,50	38,4054	2,09462	0,0517
0,7206	45,80	44,0623	1,73770	0,0379
0,7487	50,97	47,8964	3,07365	0,0603
0,8027	56,68	57,3755	-0,69547	-0,0123
0,8295	61,73	63,553	-1,82301	-0,0295

Tabela A.4. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Oswin a 25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0823	12,16	19,2388	-0,5821	0,5821
0,0824	13,56	19,2448	-0,4192	0,4192
0,3278	20,95	28,7161	-0,3707	0,3707
0,4316	21,93	31,8870	-0,4540	0,4540
0,6886	41,14	41,0598	0,0019	0,0019
0,7529	52,39	44,2941	0,1545	0,1545
0,8099	59,00	47,9492	0,1873	0,1873
0,8434	65,42	50,6825	0,2253	0,2253
0,9788	74,13	84,2499	-0,1365	0,1365

Tabela A.5. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Oswin a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0738	10,92	12,4519	-0,1403	0,1403
0,0758	11,01	12,5627	-0,1410	0,1410
0,3244	17,08	21,5971	-0,2645	0,2645
0,4317	20,54	24,8584	-0,2102	0,2102
0,6789	30,01	34,0232	-0,1337	0,1337
0,7314	41,44	36,7676	0,1128	0,1128
0,8063	45,50	41,8771	0,0796	0,0796
0,8362	52,75	44,5810	0,1549	0,1549
0,9708	75,30	79,1854	-0,0516	0,0516

Tabela A.6. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Oswin a 35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0673	8,60	6,6647	0,2250	0,2250
0,0692	10,80	6,7716	0,3730	0,3730
0,3205	16,53	18,1115	-0,0957	0,0957
0,4317	20,97	23,3433	-0,1132	0,1132
0,5455	26,75	29,7814	-0,1133	0,1133
0,6696	40,50	39,3635	0,0281	0,0281
0,7206	45,80	44,7550	0,0228	0,0228
0,7487	50,97	48,3282	0,0518	0,0518
0,8027	56,68	57,0495	-0,0065	0,0065
0,8295	61,73	62,7492	-0,0165	0,0165

Tabela A.7. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Peleg a 25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0823	12,16	12,9378	-0,0640	0,0640
0,0824	13,56	12,9348	0,0461	0,0461
0,3278	20,95	18,4439	0,1196	0,1196
0,4316	21,93	24,4744	-0,1160	0,1160
0,6886	41,14	45,1747	-0,0981	0,0981
0,7529	52,39	51,4767	0,0174	0,0174
0,8099	59,00	57,4086	0,0270	0,0270
0,8434	65,42	61,0423	0,0669	0,0669
0,9788	74,13	76,8031	-0,0361	0,0361

Tabela A.8. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Peleg a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0738	10,92	10,9867	-0,0061	0,0061
0,0758	11,01	11,0642	-0,0049	0,0049
0,3244	17,08	17,0026	0,0045	0,0045
0,4317	20,54	19,8758	0,0323	0,0323
0,6789	30,01	33,3835	-0,1124	0,1124
0,7314	41,44	38,3039	0,0757	0,0757
0,8063	45,50	47,0890	-0,0349	0,0349
0,8362	52,75	51,2557	0,0283	0,0283
0,9708	75,30	75,5971	-0,0039	0,0039

Tabela A.9. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Peleg a 35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0673	8,60	9,7092	-0,1290	0,1290
0,0692	10,80	9,7650	0,0958	0,0958
0,3205	16,53	16,0501	0,0290	0,0290
0,4317	20,97	20,8277	0,0068	0,0068
0,5455	26,75	28,1869	-0,0537	0,0537
0,6696	40,50	39,8568	0,0159	0,0159
0,7206	45,80	45,9446	-0,0032	0,0032
0,7487	50,97	49,6527	0,0258	0,0258
0,8027	56,68	57,5259	-0,0149	0,0149
0,8295	61,73	61,8149	-0,0014	0,0014

Tabela A.10. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Langmuir a 25°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0823	12,16	5,8651	0,5177	0,5177
0,0824	13,56	5,8722	0,5669	0,5669
0,3278	20,95	23,3574	-0,1149	0,1149
0,4316	21,93	30,7519	-0,4023	0,4023
0,6886	41,14	49,0567	-0,1924	0,1924
0,7529	52,39	53,6357	-0,0238	0,0238
0,8099	59,00	57,6945	0,0221	0,0221
0,8434	65,42	60,0799	0,0816	0,0816
0,9788	74,13	69,7201	0,0595	0,0595

Tabela A.11. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Langmuir a 30°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0738	10,92	4,5389	0,5844	0,5844
0,0758	11,01	4,6619	0,5766	0,5766
0,3244	17,08	19,9370	-0,1673	0,1673
0,4317	20,54	26,5233	-0,2913	0,2913
0,6789	30,01	41,6814	-0,3889	0,3889
0,7314	41,44	44,8979	-0,0834	0,0834
0,8063	45,50	49,4851	-0,0876	0,0876
0,8362	52,75	51,3158	0,0272	0,0272
0,9708	75,30	59,5528	0,2091	0,2091

Tabela A.12. Valores experimentais e teóricos da umidade de equilíbrio da polpa de umbu em pó, resíduo e erro relativo, calculados para o modelo de Langmuir a 35°C

a_w	Umidade de equilíbrio (% b.s.)		Resíduo	Erro relativo
	Experimental	Teórico		
0,0673	8,60	4,3878	0,4898	0,4898
0,0692	10,80	4,5117	0,5823	0,5823
0,3205	16,53	20,8919	-0,2639	0,2639
0,4317	20,97	28,1381	-0,3418	0,3418
0,5455	26,75	35,5526	-0,3291	0,3291
0,6696	40,50	43,6367	-0,0774	0,0774
0,7206	45,80	46,9585	-0,0253	0,0253
0,7487	50,97	48,7886	0,0428	0,0428
0,8027	56,68	52,3054	0,0772	0,0772
0,8295	61,73	54,0507	0,1244	0,1244