



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Dissertação de Mestrado

ARMAZENAMENTO DE FIGO-DA-ÍNDIA EM PÓ SOB
ATMOSFERA CONTROLADA

CÍCERA GOMES CAVALCANTE DE LISBÕA

Campina Grande
Paraíba



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA**



DISSERTAÇÃO

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM PROCESSAMENTO E
ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**ARMAZENAMENTO DE FIGO-DA-ÍNDIA EM PÓ SOB
ATMOSFERA CONTROLADA**

CÍCERA GOMES CAVALCANTE DE LISBÔA

**Campina Grande - Paraíba
FEVEREIRO - 2010**

**ARMAZENAMENTO DE FIGO-DA-ÍNDIA EM PÓ SOB
ATMOSFERA CONTROLADA**

CÍCERA GOMES CAVALCANTE DE LISBÔA

**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: Processamento e Armazenamento de Produtos
Agrícolas**

**ORIENTADORES: Prof. Dr^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Qnciroz**

**Campina Grande - Paraíba
Fevereiro - 2010**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L769a Lisbôa, Cícera Gomes Cavalcante de
 Armazenamento de figo-da-índia em pó sob atmosfera controlada/Cícera
 Gomes Cavalcante de Lisbôa. — Campina Grande, 2010.
 111 f.: il. col.

 Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal
 da Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.

 Orientadores: Profª. Drª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Prof. Dr.
 Alexandre José de Melo Queiroz.

 Referências.

 1. Figo-da-índia (*Opuntia ficus indica*). 2. Secagem em Camada de
 Espuma. 3. Embalagem Laminada. I. Título.

CDU 634.775(043)

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DA MESTRANDA

CÍCERA GOMES CAVALCANTE DE LISBÔA

ARMAZENAMENTO DE FIGO-DA-ÍNDIA EM PÓ SOB ATMOSFERA CONTROLADA

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Rossana M^a F. de Figueirêdo
Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo – Orientador

Aprovada

Alexandre J. M. Queiroz
Dr. Alexandre José de Melo Queiroz – Orientador

APROVADA

Vimário Simões Silva
Dr. Vimário Simões Silva - Examinador

APROVADA

Eliane Rolim Florentino
Dra. Eliane Rolim Florentino – Examinadora

Aprovada

FEVEREIRO - 2010

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela força em tantos momentos difíceis e por me ter concedido a graça de senti-lo tão presente neste momento da minha vida.

A meu esposo, Marcos, por confiar em mim e pelo apoio.

A meus pais, Lisboa e Socorro, por sempre acreditarem em mim, pelo apoio e por me amarem.

A meus irmãos Júnior, Jardel, Liliane, Jonas e Silene, por todo o amor que me é transmitido e por participarem, de alguma forma, de todas as minhas conquistas.

A toda a minha família, Vô, tios, tias e primos, em especial a Tia Paula e Tia Tica, por acompanharem de perto toda a minha vida estudantil e por terem sempre me ajudado a alcançar os meus objetivos.

À amiga Regilane Marques, por todo o incentivo, por me ter recebido em Campina Grande, juntamente com Sandrinha, e por ter me ajudado sempre, de alguma forma.

Aos meus professores orientadores, Dr^a Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo e Dr Alexandre José de Melo Queiroz, pela orientação, compreensão e por me terem ajudado, de forma, tão intensamente na conclusão deste trabalho.

Aos professores que se dispuseram a fazer parte da banca examinadora, Dr. Vimário Simões Silva e Dr^a Eliane Rolim Florentino.

A Clébia e Diva, por todos os momentos compartilhados durante os dois anos de convivência.

Aos caros colegas: Aninha, Adelino, Júnior, Paulo de Tarso, Paulo Moraes e Débora, por todas as horas de estudo e por tantas conversas boas durante nossos encontros.

Ao amigo Márcio, por tão corajosamente me ter ajudado a conseguir a matéria-prima para a realização da pesquisa e por todos os momentos em que me ajudou durante, este trabalho.

A todos os colegas que me ajudaram na realização deste trabalho.

A minha amiga Jane, pela amizade, apoio e companheirismo.

Às minhas amigas Suzi e Regina, pela a amizade, pelo carinho, por toda a força, fundamental em muitos momentos.

Ao Instituto Centro de Ensino Tecnológico pela oportunidade, em especial a Tânia Maria Ribeiro Dantas, pela confiança e credibilidade.

À Coordenadora Josivanda, pelo apoio prestado tantas vezes.

À Capes, pelo apoio financeiro.

À UFCG pela oportunidade em prol da realização deste trabalho.

À FATEC Cariri, por ter cedido os laboratórios para visando à das análises.

A todos que contribuíram, de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iii
LISTA DE TABELAS.....	iv
RESUMO.....	xi
ABSTRACT.....	xii
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - Objetivo geral.....	3
1.1.1 – Objetivos espeíficos.....	3
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 - Figo-da-índia.....	5
2.2 - Características físicas, químicas e físico-químicas.....	6
2.3 – Secagem.....	8
2.3.1 - Secagem em camada de espuma (<i>foam mat drying</i>).....	9
2.3.2 - Estado da arte.....	10
2.4 – Aditivos.....	14
2.5 – Embalagem.....	15
2.6 – Armazenamento.....	17
2.6.1 – Vida de prateleira por testes acelerados.....	17
2.7 – Isoterma de adsorção de umidade.....	20
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 – Matérias primas.....	22
3.2 – Processamento do figo-da-índia.....	22
3.3 - Caracterização da polpa integral do figo-da-índia.....	24
3.3.1 – pH.....	24
3.3.2 - Sólidos solúveis totais (°Brix).....	24
3.3.3 - Ácido ascórbico.....	25
3.3.4 –Umidade.....	25
3.3.5 - Acidez total titulável.....	25
3.3.6 - Açúcares redutores.....	25
3.3.7 – Cinzas.....	25
3.3.8 – Proteína.....	26
3.3.9 – Cor.....	26

3.3.10 – Densidade.....	26
3.3.11 – Análises microbiológicas.....	26
3.4 – Produção do figo-da-índia em pó.....	27
3.4.1 - Preparo da emulsão e da espuma.....	28
3.4.2 - Caracterização da emulsão e da espuma.....	29
3.4.2.1 – Análise estatística.....	29
3.4.3 - Secagem em camada de espuma.....	29
3.4.3.1 - Cinética de secagem.....	29
3.4.4 – Caracterização do figo-da-índia em pó.....	31
3.4.5 – Armazenamento do figo-da-índia em pó.....	31
3.4.5.1 – Análise estatística.....	32
3.5 - Isotermas de adsorção de umidade.....	33
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 - Caracterização da polpa integral do figo-da-índia.....	35
4.2 - Cinética de secagem.....	39
4.3 - Caracterização do produto pó.....	42
4.4 – Armazenamento.....	46
4.4.1 – Umidade.....	46
4.4.2 – Atividade de água.....	50
4.4.3 – Açúcares redutores.....	54
4.4.4 – Acidez total titulável.....	58
4.4.5 – Cor.....	61
4.4.5.1 – Luminosidade.....	61
4.4.5.2 – Intensidade de vermelho (+a*).....	64
4.4.5.3 – Intensidade de amarelo (+b*).....	68
4.5 – Isotermas de adsorção de água.....	72
5 – CONCLUSÕES.....	75
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
APÊNDICE A.....	90

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Fluxograma do processamento para obtenção da polpa do figo-da-índia.....	23
Figura 3.2 - Figo-da-índia.....	23
Figura 3.3 - Processo de despolpamento do figo-da-índia.....	24
Figura 3.4 - Fluxograma do processamento para obtenção do figo-da-índia em pó.....	28
Figura 4.1 - Dados experimentais da cinética de secagem da polpa de figo-da-índia formulada com curva de ajuste pelo modelo de Cavalcanti Mata.....	41
Figura 4.2 - Isotermas de adsorção de água do figo-da-índia em pó nas temperaturas de 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de GAB.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 -	Composição físico-química do figo da índia	5
Tabela 3.1 -	Valores das umidades relativas proporcionada pelas soluções de sais em função da temperatura de armazenamento	32
Tabela 4.1 -	Valores médios dos parâmetros físico-químicos, físicos e químicos da polpa integral do figo-da-índia, da emulsão e da espuma	36
Tabela 4.2 -	Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados a curva de secagem da polpa de figo-da-índia formulada	40
Tabela 4.3 -	Valores médios dos parâmetros físico-químicos, físicos e químicos do figo-da-índia em pó	42
Tabela 4.4 -	Valores médios da umidade do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	47
Tabela 4.5 -	Valores médios de umidade do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada (KCl).....	48
Tabela 4.6 -	Equações de regressão propostas para o cálculo da umidade (%) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada	49
Tabela 4.7 -	Valores médios de atividade de água do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	50
Tabela 4.8 -	Valores médios de atividade de água do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada (KCl).....	51
Tabela 4.9 -	Equações de regressão propostas para o cálculo da atividade de água do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada.....	53
Tabela 4.10 -	Valores médios dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	54
Tabela 4.11 -	Valores médios dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada (KCl).....	55

Tabela 4.12 -	Equações de regressão propostas para o cálculo dos açúcares reductores do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada	57
Tabela 4.13 -	Valores médios de acidez total titulável do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%	58
Tabela 4.14 -	Valores médios de acidez total titulável do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%	59
Tabela 4.15 -	Equações de regressão propostas para o cálculo da acidez total titulável do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada.....	60
Tabela 4.16 -	Valores médios da luminosidade (L*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40° C e umidade relativa média de 55%.....	61
Tabela 4.17 -	Valores médios de luminosidade (L*) da formulação em pó figo-da-índia, durante o armazenamento a 25 e 40° C e umidade relativa média de 83%.....	62
Tabela 4.18 -	Equações de regressão propostas para o cálculo da luminosidade (L*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada.....	64
Tabela 4.19 -	Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%.....	65
Tabela 4.20 -	Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) da formulação em pó figo-da-índia, durante o armazenamento a 25 e 40° C e umidade relativa média de 83%.....	66
Tabela 4.21 -	Equações de regressão propostas para o cálculo da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada.....	67
Tabela 4.22 -	Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40° C e umidade relativa média de 55%.....	69

Tabela 4.23 -	Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) da formulação em pó figo-da-índia, durante o armazenamento a 25 e 40° C e umidade relativa média de 83%.....	70
Tabela 4.24 -	Equações de regressão propostas para o cálculo da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada.....	71
Tabela 4.25 -	Parâmetros de ajustes dos modelos de ajuste para as isotermas de adsorção do figo-da-índia em pó nas temperaturas de 30°C e 40°C.....	72
Tabela A.1 -	Análise de variância da umidade do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	91
Tabela A.2 -	Análise de variância da umidade do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl).....	91
Tabela A.3 -	Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C.....	92
Tabela A.4 -	Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C.....	92
Tabela A.5 -	Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C.....	93
Tabela A.6 -	Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C.....	93
Tabela A.7 -	Análise de variância da atividade de água do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	94
Tabela A.8 -	Análise de variância da atividade de água do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl).....	94

Tabela A.9 -	Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C.....	95
Tabela A.10 -	Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C.....	95
Tabela A.11 -	Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C.....	96
Tabela A.12 -	Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C.....	96
Tabela A.13 -	Análise de variância dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	97
Tabela A.14 -	Análise de variância dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl).....	97
Tabela A.15 -	Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C.....	98
Tabela A.16 -	Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C.....	98
Tabela A.17 -	Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C.....	99
Tabela A.18 -	Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C.....	99
Tabela A.19 -	Análise de variância da acidez total titulável do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	100

Tabela A.31 - Análise de variância da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	106
Tabela A.32 - Análise de variância da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)	106
Tabela A.33 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25°C.....	107
Tabela A.34 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C.....	107
Tabela A.35 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25°C.....	108
Tabela A.36 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40°C.....	108
Tabela A.37 - Análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr).....	109
Tabela A.38 - Análise de variância da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl).....	109
Tabela A.39 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25° C.....	110
Tabela A.40 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40° C.....	110
Tabela A.41 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25° C.....	111

Tabela A.42 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40° C..... 111



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



Dissertação de Mestrado: **Armazenamento de figo-da-índia em pó sob atmosfera controlada**

Autora: **Cíeera Gomes Cavaleante de Lísbôa**

Orientadores: **Prof. Dr. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Qneíroz

RESUMO

Objetivou-se neste trabalho, obter um produto em pó a partir da polpa de figo-da-índia pelo processo de secagem em camada de espuma, e avaliar a estabilidade do produto seco, durante 100 dias de armazenamento. Foi feita a caracterização da polpa integral do figo-da-índia, da polpa formulada (emulsão), da espuma e da amostra em pó quanto aos parâmetros físicos, químicos, físico-químicos e microbiológicos. A secagem da formulação, elaborada com a polpa do figo-da-índia e aditivos por meio do método de secagem em camada de espuma, foi realizada a 90 °C com espessura da camada de espuma de 0,8 cm. Os modelos de Page, Henderson & Pabis e Cavalcanti Mata foram ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem. Determinaram-se as isotermas de adsorção de água da amostra em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e se avaliou a estabilidade do produto em pó acondicionado em embalagens laminadas durante 100 dias de armazenamento sob condições controladas de temperatura e umidade relativa. Constatou-se que a polpa de figo-da-índia é pouco ácida e com baixo teor de ácido ascórbico. O tempo de secagem das amostras durou, em média, 220 minutos. Os modelos de Page, Henderson & Pabis e Cavalcanti Mata se ajustaram bem à curva de secagem da formulação. Verificou-se, durante o armazenamento das amostras em pó, que as embalagens laminadas não evitaram a absorção de água, que a atividade de água aumentou e os açúcares redutores diminuíram com o tempo e as amostras em pó armazenadas a 40 °C sofreram escurecimento. As isotermas de adsorção de água foram classificadas como sendo do tipo III e os modelos de GAB, Peleg e Oswin podem ser utilizados para estima-las.

Palavras-chave: *Opuntia ficus indica*, secagem em camada de espuma, embalagem laminada



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA



M. Sc. Thesis: **Storage of the prickly pear powder under controlled atmosphere**

Author: **Cícera Gomes Cavaleante de Lísbôa**

Supervisors: **Prof. Dr.ª. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo**

Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

ABSTRACT

The aim of this work was to obtain a prickly pear powder by the foam mat drying process and also evaluate the stability of the powder for 100 days of storage. The physical, chemical, physiochemical and microbiological characterization of the prickly pear pulp, formulation (emulsion), foam and the powder was made to achieve the results. The foam mat drying of the formulation, elaborated with the prickly pear pulp and additives, was made at 90 °C with layer thickness measured as 0.8 cm. Page, Henderson & Pabis and Cavalcanti Mata's models were fitted to the experimental data of the drying kinetics. The moisture adsorption isotherms of the powder at 20, 30 and 40 °C were determined. The stability of the powder, which was conditioned at laminated packing, was evaluated for 100 days of storage under controlled temperature and humidity. It was verified that the prickly pear pulp is of low acidity with low ascorbic acid content. The average drying time of the sample was of 220 minutes. The Page, Henderson & Pabis and Cavalcanti Mata's models were well-fit to the experimental data of drying. It was verified, during the storage of the powder, that the laminated packing didn't avoid the absorption of moisture; that the water activity increased and the reducers sugars decreased with time, and that the powder stored at 40 °C suffered darkening. The moisture adsorption isotherms were classified as being type III and the GAB, Peleg and Oswin models can be used to estimate the data.

Key words: *Opuntia ficus indica*, foam mat drying, laminated packing

I - INTRODUÇÃO

O nordeste brasileiro se destaca como grande produtor de frutos tropicais em virtude das condições climáticas prevalentes, que fazem da fruticultura na região uma atividade econômica bastante promissora.

Dentre as espécies frutíferas que se constituem em alternativa econômica para o semiárido brasileiro e que podem contribuir com o desenvolvimento da região, se destaca a fruta da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill), também denominada de figo-da-índia, a qual é originária do México. Apesar de se tratar de uma cactácea plenamente adaptada a regiões secas, o plantio da palma com o intuito de comercialização da fruta para consumo *in natura* é feito, no Brasil, no estado de São Paulo (MEDEIROS et al., 2006). No semiárido brasileiro a palma é cultivada apenas para utilização dos cladódios, na alimentação animal.

A palma produz frutos suculentos, doces, com tamanho variando entre 5-10 cm de comprimento e 8-10 cm de largura, piriformes, de cor variando do amarelo-esverdeado para laranja, vermelho ou púrpura; possui polpa em abundância, casca fina, peso oscilando de 100-240 g (PIMIENTA, 1990; LEUENBERGER, 1991). Rico em vitaminas, principalmente da vitamina A, possui elevado valor nutritivo apresentando, também na sua composição, fibras, carboidratos solúveis, cálcio e magnésio, sendo muito valorizado na medicina natural (BRAVO, 1991).

A área de cultivo da palma forrageira no Nordeste brasileiro é de mais de 400 mil ha, sendo a maior parte nos Estados de Alagoas e Pernambuco. Constata-se, com base nesses dados, um grande desperdício dos frutos, já que a palma é cortada para o uso na alimentação animal. Esta espécie é abundante na região mais seca do País, a caatinga, e o consumo diário do seu fruto se apresenta como uma alternativa de se utilizar o que a região dispõe para melhorar a qualidade da alimentação humana (LIRA et al., 1989; LOPES et al., 2005).

As perdas pós-colheita de frutas em algumas regiões do Brasil chegam a 60% e uma das alternativas para sua redução é o emprego da secagem, que é um dos processos mais antigos utilizados para preservação de produtos com alto teor de água (OLIVEIRA et al., 2006).

A secagem de frutas é um dos processos mais antigos para sua preservação e no passado era realizada exclusivamente por processos naturais, porém, atualmente, diversos

processos artificiais são empregados nesta tarefa e independem das condições atmosféricas (FIOREZE, 2004).

A conservação de alimentos por desidratação permite que o produto obtido tenha uma vida de prateleira maior devido à redução da atividade de água, o que é associado à redução no custo do transporte e armazenamento, em virtude da leveza e da compactação, combinadas aos efeitos benéficos da estabilidade microbiológica e química, no valor nutritivo e sensorial do produto (FELLOWS, 2006).

O processo de secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) é um método muito utilizado para a secagem de polpa ou suco de frutas. Neste método, o líquido ou semi-líquido, geralmente com aditivos, sofre batidura para a formação de espuma, a qual é posteriormente seca em estufa; é uma técnica simples, barata e rápida, em razão da maior área de superfície exposta ao calor proporcionada pela espuma, que acelera o processo de remoção de água e a obtenção de um produto poroso e de fácil reidratação. O método utiliza agentes espessantes, emulsificantes e estabilizantes que têm a finalidade de manter a espuma estável durante o processo. Dentre suas principais vantagens que se descrevem a menor temperatura e o tempo de secagem. Os produtos obtidos são de boa qualidade e o processo tende a ser relativamente rápido (BERISTAIN et al., 1991; KARIM & CHEE WAI, 1999; BASTOS et al., 2005).

Produtos submetidos à secagem, embora se beneficiem do retardo no crescimento de micro-organismos e do aumento no tempo de conservação necessitam, nas fases de transporte e armazenamento, de embalagem adequada, que mantenha as características do produto obtidas na secagem.

Para que a embalagem possa cumprir todas as funções que lhe competem, é imprescindível que a sua escolha se faça por rígido planejamento, do qual constem o estudo da embalagem, em todos os seus aspectos, e a viabilidade de sua utilização (EVANGELISTA, 2005).

Os plásticos são os materiais de embalagens mais utilizados e englobam, entre outros, filmes, sacos, tubos, engradados e frascos. Os principais plásticos usados são: o polipropileno, poliestireno, cloreto de polivinila, polietileno tereftalato, polietileno de alta densidade e o polietileno de baixa densidade (SILVA et al., 2005).

As embalagens laminadas são embalagens compostas por camadas de filmes plásticos sobrepostos, de alumínio, papel ou papelão e outro filme plástico. Tais combinações permitem condições de resistência química, ao calor, à ruptura, aos vapores e

gases, opacidade, facilidade de impressão e leveza, todas características desejáveis para a embalagem de alimentos (BOBBIO & BOBBIO, 1992).

A vida de prateleira pode ser definida como o período de tempo transcorrido entre a produção e o consumo de um produto alimentício e depende, fundamentalmente, da proteção oferecida pela embalagem contra a absorção de umidade disponível no ambiente de estocagem, na qual a aceitabilidade pelo consumidor e as características de qualidade devem ser mantidas. Essas características de qualidade podem ser avaliadas pelos atributos sensoriais (cor, aroma, sabor e textura), pela aparência, carga microbiana, pela absorção de componentes da embalagem e valor nutricional (TRAVAGLINI & AGUIRRE, 1981; SARANTOPOULOS et al., 2001).

1.1 - Objetivo geral

- Este trabalho foi realizado com o objetivo de se obter um produto em pó a partir da polpa do figo-da-índia (*Opuntia ficus indica* Mill) pelo processo de secagem em camada de espuma, e avaliar a estabilidade do produto seco durante o armazenamento sob condições controladas de umidade relativa e temperatura.

1.1.1 – Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa integral do figo-da-índia, a polpa formulada (emulsão) e a espuma, quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;
- Avaliar a polpa integral do figo-da-índia, a polpa formulada (emulsão) e a espuma, quanto aos parâmetros microbiológicos coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp.;
- Secar a formulação elaborada com a polpa do figo-da-índia e aditivos, por meio do método de secagem em camada de espuma, a temperatura de 90 °C e com uma espessura da camada de espuma de 0,8 cm;
- Ajustar os modelos de Page, Henderson & Pabis e Cavalcanti Mata aos dados experimentais da cinética de secagem;
- Caracterizar a amostra em pó obtida quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;

- Avaliar a amostra em pó obtida, quanto aos parâmetros microbiológicos coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp.;
- Determinar as isotermas de adsorção de água da amostra em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C;
- Avaliar a estabilidade do produto em pó acondicionado em embalagens laminadas durante 100 dias de armazenamento sob condições controladas de temperatura e umidade relativa.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Figo-da-índia

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill) é uma cactácea que possui características adaptáveis às condições adversas da região Semiárida do Nordeste Brasileiro, amplamente utilizada como forragem para alimentação dos animais na época de escassez de chuvas. Em épocas de safra da fruta, os cladódios (raquetes) ficam repletos de frutas (AMORIM et al., 2005).

O fruto da palma forrageira é ovóide, grande, com espinhos no pericarpo, possui elevado valor nutritivo, apresentando também, na sua composição, fibras, carboidratos solúveis e cálcio, sendo rico em vitaminas (principalmente A e C) e magnésio. A polpa tem aparência porosa, com pequenas e numerosas sementes pretas, sabor doce, com leve acidez e bastante refrescante, motivo de interesse em ampliar a diversificação de consumo, aproveitando o alto potencial e agregando valor ao produto (LOPES & SILVA, 2006).

Na Tabela 2.1 tem-se a composição físico-química do figo-da-índia.

Tabela 2.1 – Composição físico-química do figo-da-índia

Parâmetro	Valor
Umidade (%)	87,8
Cinzas (%)	0,44
Fibra total (%)	0,26
Pectina (%)	0,24
Proteína (%)	1,00
Cálcio (mg %)	70,0
Nitrogênio (mg %)	0,16
Potássio (mg %)	31,6
Fósforo (mg %)	24,3
Acidez titulável (%)	0,25
pH	6,00
Açúcares redutores (%)	11,43
Açúcares totais (%)	13,45

Fonte: CANUTO et al. (2007)

CANUTO et al. (2007), avaliando a composição físico-química da polpa do figo-da-índia (Tabela 2.1) em seu estudo, observaram que ela é mais rica em cálcio do que as polpas de laranja (40,0 mg%), mamão (20,0mg%) e mandaearu (9,00 mg%) e mais rica em pectina do que o mandacaru (0,07%), porém pobre em relação ao xique-xique (0,95%).

2.2 - Características físicas, químicas e físico-químicas

Conhecer a composição química e físico-química de frutas, tem sido alvo de pesquisas ao longo dos anos e é ponto fundamental para que seu aproveitamento tecnológico seja realizado de maneira otimizada (OLIVEIRA et al., 2006).

BRASIL & GUIMARAES (2000), relataram que, em geral, a qualidade interna das polpas de fruta e suas características, são conferidas por um conjunto de constituintes físicos, físico-químicos e químicos, responsáveis pelo sabor e aroma próprios; além de caracterizar a matéria-prima, também são utilizados no controle de qualidade do produto final. Quando se trabalha com processamento de polpa é imprescindível que se realize sua caracterização para que o produto obtido chegue ao consumidor apresentando ótima qualidade e maior vida de prateleira. Outro objetivo da caracterização é identificar a composição nutricional do produto e auxiliar no desenvolvimento de novos produtos.

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

O controle e a determinação do pH de um alimento influenciam diretamente na palatabilidade, desenvolvimento de micro-organismos, na escolha da temperatura de esterilização, da embalagem que será utilizada para o alimento, e do tipo de material de limpeza e desinfecção, entre outros (CHAVES, 1993).

Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), entre os parâmetros utilizados para avaliar e monitorar a qualidade de produtos alimentícios se encontra a determinação da concentração dos açúcares totais, redutores (glicose e frutose), que são também os principais açúcares presentes nos frutos, e os não redutores. Os açúcares que constituem a maior parte dos sólidos solúveis totais (SST) nas frutas, variam de acordo com a espécie, a cultivar, o estágio de maturação e o clima, com valor médio entre 8 e 14%, podendo variar entre 2 e 25%.

Segundo PINHEIRO et al. (1984), o teor de sólidos solúveis é de grande importância nos frutos, seja para consumo *in natura* ou para o processamento industrial,

visto que teores elevados desses constituintes na matéria-prima implicam em menor adição de açúcares, menor tempo de evaporação da água, menor gasto de energia e maior rendimento do produto, resultando em maior economia no processamento.

KLUGE et al. (2002), relatam que o teor de ácidos de uma fruta é dado pela acidez total titulável (ATT). A acidez pode ser utilizada, em conjunto com a doçum, como ponto de referência do grau de maturação. Para algumas frutas, a determinação do ponto de colheita pela determinação da acidez total titulável é pouco confiável, devido ao fato de haver pouca variação nesta característica ao longo da maturação.

A relação SST/ATT é uma das formas mais utilizadas para avaliação do sabor, sendo mais representativa do que a medição isolada de açúcares ou acidez. Esta relação dá uma boa idéia do equilíbrio entre esses dois componentes, devendo-se especificar o teor mínimo de sólidos e o máximo de acidez, para se ter uma idéia mais real do sabor (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Outro importante parâmetro de qualidade das matérias-primas é o teor de vitamina C, que serve de base para 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). A taxa de perda da vitamina C difere muito, dependendo do produto, do grau de integridade e da temperatura de estocagem, entre outros fatores. Durante o armazenamento e se reduzindo a temperatura de 20 °C para 4 °C, pode-se diminuir a perda de ácido ascórbico em cerca de 40 a 80%. Sob temperatura de congelamento as perdas de vitamina C, se situam, em muitos alimentos, na faixa de 40 a 50% durante 6 a 12 meses de estocagem; neste intervalo de tempo é importante evitar oscilações térmicas, já que a degradação é altamente dependente da temperatura (FENNEMA, 1977).

Outras determinações também são bastante consideráveis para se caracterizar um fruto como: os sólidos totais/umidade, cinzas, pectina, densidade e cor.

A composição das cinzas não corresponde à quantidade de substâncias minerais presentes nos alimentos, devido às perdas por volatilização, ou mesmo pela reação entre os componentes. As cinzas são consideradas medida geral de qualidade, além de frequentemente ser utilizadas como critério na identificação dos alimentos. As cinzas contêm os componentes minerais, dentre eles: cálcio, magnésio, ferro, fósforo e chumbo. O teor muito alto de cinzas indica presença de adulterantes (OLIVEIRA, 1997; OLIVEIRA et al., 1999).

A densidade é uma das mais simples análises realizadas nos alimentos, porém qualquer medida de densidade é afetada pela variação de temperatura. Para água a temperatura ambiente, a densidade decresce cerca de 0,03% para cada °C de aumento de temperatura (CECCHI, 2003).

A densidade é a propriedade física da matéria que descreve o grau de compactação das substâncias. Quanto mais compactadas estiverem suas partículas individuais, mais densa é essa substância (BATISTA & FILIPE, 2007).

A mudança de cor que se observa durante a maturação da maioria das frutas, é a transformação mais óbvia e, na maioria das vezes, o principal critério utilizado pelo produtor para julgar sua maturação. É, também, o atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor. As modificações na coloração ocorrem normalmente devido à destruição da clorofila e à síntese de novos pigmentos (KLUGE et al., 2002).

Segundo CHITARRA & CHITARRA (2005) a coloração se relaciona mais diretamente com a percepção da aparência pelo consumidor, ao passo que a concentração de pigmentos pode estar mais diretamente relacionada com a maturidade do produto. É de interesse que o produto apresente intensidade e uniformidade de coloração, a qual pode ser avaliada na casca e na polpa de frutas e hortaliças, por diferentes metodologias.

2.3 – Secagem

O processo de secagem se apresenta como alternativa tecnológica para a redução das perdas pós-colheita, pois a secagem visa à redução de teor de água fazendo com que a atividade da água dos produtos *in natura* diminua drasticamente, aumentando o tempo de conservação, a vida útil do produto, facilitando seu transporte, manuseio e armazenamento (PARK et al., 2001).

A secagem é um processo complexo que envolve transferência de calor e massa, sendo que o transporte de umidade do interior para a superfície do material, pode ocorrer na forma de líquido e/ou vapor, dependendo do tipo de produto e do percentual de umidade presente. O processo de secagem deve acontecer de forma controlada para que possa ocorrer de maneira uniforme, evitando elevados gradientes de umidade e temperatura no interior do material, que podem provocar a perda da qualidade do produto. Sabendo-se que os efeitos da secagem alteram as propriedades físicas e químicas do produto e que esses,

por sua vez, afetam o processo de transferência de calor e massa, é fundamental se conhecer seus efeitos e controle (FARIAS et al., 2002).

Os produtos biológicos são muito diferentes entre si, em razão a sua forma, estrutura e dimensões, além das condições de secagem serem muito diversas, de acordo com as propriedades do ar de secagem e com a forma com que se faz o contato ar-produto. A evolução das transferências simultâneas de calor e de massa no decorrer da operação de secagem faz com que esta seja dividida esquematicamente em três períodos, nos quais são analisadas as curvas de evolução do teor de água do produto, de sua temperatura e da velocidade de secagem, também chamada cinética de secagem, ao longo do tempo para um experimento, utilizando-se ar de propriedades constantes (PARK, 2004).

2.3.1 - Secagem em camada de espuma (*foam mat drying*)

Dentre as técnicas empregadas para a manutenção da qualidade pós-colheita de frutas, a secagem, além de ser utilizada como método de conservação, impedindo a deterioração e perdas do valor comercial, resulta ainda em uma transformação do produto, agregando valor e dando origem a uma nova opção no mercado (UBOLDI, 1971; TRAVAGLINI et al., 2001).

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

Este método de secagem consiste, fundamentalmente, das seguintes etapas: produção de espuma estável, utilizando-se aditivos; secagem da espuma em camada fina; desintegração da massa seca em escamas e sua trituração transformando o produto em pó (SILVA et al., 2005). Pode ser executado em temperaturas relativamente baixas, em torno de 70 °C, e mantém alta qualidade e boa estabilidade dos produtos, tendo sido testados em: café, frutas, sucos e outros produtos como batatas, alimento para crianças, leites, sopas, cremes, ovos, tomate entre outros (UBOLDI, 1971; SOARES et al., 2001; VERNON-CARTER et al., 2001; SANKAT & CASTAIGNE, 2004).

De acordo com SILVA (1971), este processo pode ser aplicado com vantagem na produção de distintos materiais desidratados, já que remove umidade de materiais sensíveis sob condições suaves.

Neste método de secagem a polpa a ser desidratada com pequena quantidade de aditivos é agitada em bateadeira elétrica, transformando-se numa espuma leve e estável. A secagem em camada de espuma pode ser executada em diversos tipos de equipamentos simples e a espuma deve suportar todas as operações mecânicas necessárias ao processo, além de manter seu volume e uma estrutura porosa durante a secagem, sendo desidratada a temperaturas relativamente baixas. Após a secagem a massa desidratada é facilmente quebrada e transformada em pó, através de processadores ou até mesmo liquidificadores. Este processo mantém alta qualidade e boa estabilidade dos produtos sob armazenamento, não requerendo condições de refrigeração para o uso normal, mas oferecendo grandes possibilidades comerciais (UBOLDI, 1971).

2.3.2 - Estado da arte

A desidratação em camada de espuma tem a característica de manter alta qualidade dos produtos, oferecendo grandes possibilidades comerciais, aplicadas em café, sucos de laranja, uva, carambola, abacaxi e outros produtos instantâneos. Além disso, pode-se citar como vantagens desse método, a baixa temperatura empregada e o menor tempo de desidratação, devido à maior área de superfície exposta ao ar (SANKAT & CASTAIGNE, 2004).

SOARES et al. (2001) realizaram estudo com polpa de acerola para obtenção de pó, através do processo de secagem em camada de espuma, preparando uma formulação com a polpa e os emulsionantes e espessantes: a Pectina cítrica, o Emustab (produto à base de monoglicerídeos destilados, monoestearato de sorbitana e polisorbato 60) e a Super liga neutra (produto à base de sacarose e dos espessantes, carboximetil-celulose e goma guar). Formou-se uma espuma com características adequadas à secagem rápida, o que foi alcançado em um período de 20 minutos de batimento, com a espuma apresentando, ao final do batimento, uma densidade de $0,51 \text{ g/cm}^3$; em seguida, a espuma foi desidratada em estufa de secagem com circulação de ar, a uma temperatura de $70 \text{ }^\circ\text{C}$, por 90 minutos, obtendo-se um produto em pó com umidade final de 7,2%. O pó de acerola obtido apresentou-se, em média, dez vezes mais concentrado em suas características iniciais, o que repercute como ponto altamente positivo dentro do processo, considerando-se o grande valor nutritivo incorporado, principalmente no que se refere ao conteúdo de vitamina C (15,16%), açúcares redutores (43,22%) e proteína (9,05%).

CAMARGO et al. (2008), realizaram a desidratação da polpa de maracujá-amarelo mediante processo de secagem em camada de espuma para obtenção de um pó. A formulação foi elaborada com 1% de emulsificante (composto de monoglicérides, monoestearato de sorbina e polisorbato), 1% de espessante (composto de carboximetil-celulose e goma guar) e 2% de farinha da casca de maracujá-amarelo, adicionados à polpa de maracujá. Formou-se, então, a espuma, batendo-se os ingredientes por 30 minutos em batedeira doméstica, até consistência semelhante à de um suspiro elaborado com albumina de ovos (“clara em neve”). A espuma foi espalhada sobre papel alumínio e levada para desidratação em estufa com circulação de ar, na temperatura de 35 °C, até massa constante (cerca de cinco dias). O material resultante da desidratação foi raspado com espátula e triturado em liquidificador doméstico, para obtenção do produto finamente pulverizado. Os pesquisadores analisaram o pó obtido da polpa de maracujá quanto aos teores de proteína, açúcares totais, açúcares redutores, umidade, cinzas, lipídeos e fibras e concluíram que o método de secagem em camada de espuma é um processo simples, de custo relativamente baixo, apresentando-se como método viável para o aumento da vida de prateleira da polpa de maracujá.

SILVA et al. (2008) realizaram o processo de desidratação da polpa de tamarindo pelo método de secagem em camada de espuma (*foam mat drying*). A formulação utilizada era composta de 5% do composto protéico à base de albumina (Advanced Nutrition), utilizado como dispersante e promotor de espuma. A formulação foi batida em agitador doméstico até a espuma alcançar densidade aparente média entre 0,45 e 0,50 g cm⁻³. A densidade aparente da espuma foi determinada de acordo com a metodologia descrita por KARIM & CHEEWAI (1999), tendo apenas como modificação o volume da amostra empregado, que foi de 20 mL da formulação; em seguida, a formulação foi disposta em placa de vidro formando uma camada de 0,5 cm de altura. A secagem da espuma foi conduzida em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50; 60; 70 e 80 °C. Neste trabalho os autores concluíram que os melhores atributos (ácido ascórbico, luminosidade, matiz e acidez total titulável) foram obtidos com a secagem da polpa a 60 e 70 °C; o extrato em pó de tamarindo foi, em média, cinco vezes mais concentrado que a polpa; os modelos de Page, Henderson & Pabis e de Midilli & Kucuk representaram satisfatoriamente os dados experimentais da secagem da polpa de tamarindo formulada, com os melhores ajustes revelados pela equação de Midilli & Kucuk.

MELO (2008), realizou estudo utilizando a polpa do fruto do mandacaru para obtenção de um produto em pó, através do processo de secagem em camada de espuma.

Foram testados várias formulações compostas de polpa e diferentes tipos e concentrações de aditivos, sendo utilizada para seu trabalho a formulação composta de polpa, 2% de albumina e 2% de Super Liga Neutra, com base na análise dos parâmetros expansão volumétrica, densidade da espuma e estabilidade da espuma, utilizando-se um tempo de batimento de 5 minutos. A desidratação foi feita em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C, e a camada de espuma com três diferentes espessuras (0,5, 1,0 e 1,5 cm). A formulação selecionada apresentou densidade da espuma igual a 0,1566 g/cm³. Os aditivos incorporados à polpa do fruto do mandacaru influenciaram nas características físico-químicas da espuma.

LUZ et al. (2008), estudaram a desidratação do Extrato Hidrossolúvel de Soja (EHS) pelo método de camada de espuma quando foram elaboradas e testadas várias formulações com diferentes porcentagens de aditivo, compostas de EHS, emulsionantes e espessantes (pectina, Emustab, carragena e liga neutra) de modo a formar uma espuma com características adequadas à secagem, o que ocorreu após o período de 30 minutos de batimento. A espuma resultante foi espalhada sobre papel manteiga e levada para desidratar em estufa com circulação de ar a temperatura entre 52 a 58 °C. Após desidratada procedeu-se à raspagem do produto triturado em liquidificador para obtenção do pó finamente pulverizado. Selecionou-se para caracterização físico-química, a formulação contendo 1,5% de pectina, 4,5% de Emustab e 1% de Super Liga Neutra, com características de secagem mais adequada. O pó de EHS apresentou 23,3% de lipídeos, 22,29% de proteínas, 40,19% de fibras, 10,67% de carboidratos, 3,55% de cinzas e 7,06% de umidade, indicando ser apropriado para aplicação em produtos alimentícios, como gelados comestíveis lácteos. Levando em consideração as características de secagem obtidas para os dois espessantes utilizados, os autores observaram que a pectina apresentou as melhores características como aditivo para a desidratação do Extrato Hidrossolúvel de Soja, e concluíram que as Formulações 1 (1% de pectina, 1% de Emustab e 1% de liga neutra); 2 (2% de pectina, 2% de Emustab e 1% de liga neutra) e 3 (2% de pectina, 3% de Emustab e 1% de liga neutra) não são adequadas para este processo em virtude da não formação de espuma e que as Formulações 6 (1% de carragena, 3% de Emustab e 1% de liga neutra) e 7 (1% de carragena, 3% de Emustab e 1% de liga neutra) apresentaram formação de espuma suficiente, mas resultaram num produto que necessita de um tempo maior de secagem e coloração mais escura. Devido ao fato da Formulação 4 (2% de pectina, 4% de Emustab e 1% de liga neutra) apresentar formação de espuma pouco estável, a Formulação 5 (1,5% de pectina, 4,5% de Emustab e 1% de liga neutra) foi a que

apresentou as melhores características para a desidratação do EHS pelo método *foam mat drying*. Mediante os resultados analisados pôde-se concluir que o processo *foam mat drying* foi tecnicamente viável para a desidratação do EHS.

BASTOS et al. (2005), avaliaram a secagem em camada de espuma da polpa de manga cv. Tommy Atkins, com adição de 200 ppm de $K_2S_2O_5$ e 0,05% de Tween 60 (estabilizante de espuma). O tempo de batimento da polpa para obtenção da espuma foi de 10 minutos e a espessura da camada foi de 0,5 cm; a desidratação foi feita em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 70 e 85 °C. Os autores observaram que a temperatura afetou consideravelmente a taxa de secagem da polpa de manga e a umidade final do produto seco. Na temperatura de 85 °C a secagem foi mais rápida (150 min.) o que permitiu obter um produto seco com baixo teor de umidade (0,72%), quando comparado com a amostra que foi secada a 70 °C que teve um tempo de secagem de 240 minutos e a umidade de 5,26%. Relatou-se, ainda, que antes da secagem foram realizados alguns testes adicionando-se, à polpa carboximetilcelulose, goma xantana e clara de ovo; no entanto, a melhor estabilidade da espuma foi obtida com o Tween 60. Com os resultados das análises físico-químicas, os autores constataram que o processo de secagem alterou a composição das amostras, embora suas características secas tenham sido semelhantes. Em relação à análise sensorial (testes de diferença e preferência), os refrescos elaborados com as polpas desidratadas foram diferentes dos obtidos com a polpa *in natura*, sendo este último o que obteve maior índice de aceitabilidade entre os provadores. O refresco produzido com a polpa desidratada a 70 °C foi mais aceito do que com a polpa desidratada a 85 °C, isto indicando que a temperatura mais elevada causou maior efeito adverso sobre os componentes da polpa de manga.

THUWAPANICHAYANAN et al. (2008), submeteram a polpa de banana à secagem em camada de espuma; neste processo foi adicionada, à polpa, albumina de ovo, utilizada como agente espessante, para a formação da espuma, a qual apresentou valores de densidade de 0,3, 0,5 e 0,7 g/cm³. A espuma com 5 mm de espessura foi desidratada em estufa com circulação de ar que apresentava velocidade de 5 m/s, utilizando-se as temperaturas de 60, 70 e 80 °C. Os resultados experimentais mostraram que a espuma com densidades mais baixas apresentou um produto final com estrutura porosa e resultou em maiores taxas de secagem. A temperatura de secagem e a concentração da albumina de ovo não influenciaram as propriedades de textura do produto final. Os autores constataram, para produção de pó de banana que a densidade de espuma inicial de 0,5 g/cm³ e temperatura de secagem de 80 °C, foi recomendada.

RAJKUMAR et al. (2007), estudaram a desidratação de polpa de manga utilizando mistura dos aditivos albumina do ovo (5, 10 e 15%) com metilcelulose (0,5%) e com a camada da espuma apresentando três espessuras (1, 2 e 3 mm). A espuma foi colocada em esteira de teflon e desidratada nas temperaturas de 60, 65, 70 e 75 °C. Com base em análises estatísticas, os autores observaram uma concentração maior dos componentes bioquímicos com a temperatura de secagem de 60 °C e com a formulação elaborada com 10% de albumina de ovo e 0,5% de metilcelulose para espessura da camada de espuma de 1 mm e concluíram que as alterações dos componentes bioquímicos após a secagem desta polpa formulada, foram menores que na polpa sem aditivos, com tempos de secagem de 35 e 70 minutos, respectivamente.

2.4 – Aditivos

Com o desenvolvimento tecnológico é grande e variado o número de substâncias químicas empregadas no decorrer de todo o processo de produção de alimentos. Dentre essas substâncias, se destacam os aditivos, que podem apresentar grandes vantagens para melhorar os alimentos, do ponto de vista tecnológico, desde que seu uso seja seguro. Para isto, é necessário verificar se obedecem às normas estabelecidas pela FAO/OMS ou pela Food Chemicals Codex, exigidos pela legislação brasileira, sendo portanto este controle feito antes da adição ao alimento (BRASIL, 2005a).

Aditivos são produtos adicionados ao alimento visando melhorar sua qualidade sensorial e nutricional ou que estão presentes neste alimento, através da contaminação *in natura* ou no processamento e armazenamento. Os aditivos podem ser intencionais ou acidentais; os intencionais existem em grande número e os acidentais em um 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 a dispersão de uma substância imiscível em outra. Os produtos que têm a capacidade de reduzir a tensão interfacial, facilitando assim a formação de uma emulsão, são chamados emulsificantes. Como resultado da diminuição da tensão interfacial, o ar pode distribuir-se uniformemente no produto, favorecendo a capacidade de batimento (KATO, 2002).

Estabilizante é definido, de acordo com BRASIL (1997), como uma substância que torna possível a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento.

Vários produtos podem ser elaborados a partir da soja, tanto para uso direto na alimentação humana quanto indireto, com a finalidade de aumentar o valor nutricional e a qualidade funcional de outros produtos. Dentre os derivados da soja, se destaca o extrato de soja por ser um produto pronto para o consumo, de alto valor nutritivo, de custo relativamente baixo e de fácil obtenção (FELBERG et al., 2005).

O extrato hidrossolúvel de soja (“leite de soja”) é um dos produtos mais conhecidos da soja, é obtido por extração aquosa dos grãos de soja. A fase aquosa consiste numa suspensão – emulsão – solução. Em suspensão se encontram as proteínas, os carboidratos e algum material em pequenas partículas; em emulsão se encontram os lipídios e formando uma solução, alguns minerais e açúcares (MORAIS & SILVA, 1996).

DANTAS et al. (2008), utilizaram o aditivo Emustab (10%) na formulação elaborada com a polpa de jaca cv. mole e submetem esta formulação ao processo de secagem em camada de espuma em estufa com circulação de ar a 70 °C obtendo, ao final do processo e após a raspagem da amostra seca nas bandejas e posterior trituração, a amostra em pó.

DZAZIO et al. (2006), ao realizarem a secagem em camada de espuma de batata yacon (*Polymnia sanchifolia*), a 60 °C em estufa com circulação de ar, utilizaram na formulação os aditivos Emustab (1%), Carragena (1%) e Liga neutra (1%).

2.5 - Embalagem

Todo alimento processado ou não, deve ser preservado por uma embalagem que, além da função protetora, pode ter funções de propaganda e facilitar seu manuseio no processamento, armazenamento e uso pelo consumidor. A natureza do material da embalagem deve atender sobremaneira a critérios de preservação e apresentação do produto. As embalagens para alimentos podem ser rígidas ou flexíveis (BOBBIO & BOBBIO, 1992). As embalagens flexíveis são aquelas obtidas pelo uso de materiais flexíveis. O papel foi a primeira embalagem flexível comercial, tendo sido seguido pelo celofane, plásticos e folhas metálicas. Na escolha do material flexível para embalagem, deve-se levar em conta certas propriedades; dentre elas as mais importantes são:

permeabilidade ao vapor d' água, permeabilidade aos gases, termossoldagem e a faixa de temperatura de trabalho (GAVA, 1998).

Dentre as embalagens flexíveis, tem-se as laminadas, que são embalagens compostas em que são sobrepostos filmes plásticos, de alumínio, papel ou papelão e outro filme plástico. A instituição dos laminados permitiu o aproveitamento das melhores qualidades de cada película, somadas ao produto formado. Nem todos os tipos de filme flexível exibem virtudes, como impermeabilidade a gases e umidade, barreira ao vapor de água e facilidade de termossoldagem. Por isso, essas películas não podem acondicionar indiferentemente todos os produtos alimentícios, que apresentam peculiaridades distintas; daí, a necessidade de reunir, em laminados, diversas películas que se completam quando combinadas entre si (BOBBIO & BOBBIO, 1992; EVANGELISTA, 2005).

Os filmes especiais e as embalagens plásticas laminadas (com as propriedades de barreira a gases, a vapor d' água, a aromas ou a luz e grande flexibilidade) estão cada vez mais presentes nos supermercados por atenderem às exigências do consumidor quanto ao acondicionamento e apresentação dos alimentos (SOARES et al., 2002).

Este tipo de filme, multicamada ou laminado, apresenta propriedades importantes para a conservação de alimentos, porém seu custo é elevado quando se considera a produção artesanal de alimentos. Além disso, muitas vezes este tipo de filme não pode ser reciclado facilmente, sendo um fator prejudicial à conservação ambiental; no sentido convencional, uma embalagem aumenta a segurança do alimento de acordo com os seguintes mecanismos: barreiras à contaminação (microbiológicas e químicas) e prevenção de migração de seus próprios componentes para o alimento (AZEREDO et al., 2000; CABRAL, 1977).

Avaliando a vida de prateleira do suco de maracujá desidratado, ENDO et al. (2007), observaram que embalagens laminadas têm sido mais efetivas em relação às embalagens de polietileno, no prolongamento de vida útil de sucos desidratados.

Estudando a estabilidade da polpa de umbu em pó, GALDINO et al. (2003), constataram que a umidade do produto armazenado em embalagens laminadas se manteve estatisticamente inalterada até os 50 dias.

Em experimento realizado com suco de acerola microencapsulado, FIGUEIRÊDO et al. (2001), notaram que a embalagem flexível laminada, utilizada para armazenar o suco das Formulações 1 (suco de acerola, 15% de maltodextrina e 5% de goma arábica) e 2 (suco de acerola, 15% de maltodextrina e 2,5% de goma arábica), manteve o teor de umidade constante durante o tempo de armazenamento (365 dias).

2.6 – Armazenamento

A qualidade dos produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento, devido às diversas reações de natureza enzimática, oxidativa, entre outras. De maneira geral, tais produtos, quando embalados de forma a serem protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade, apresentam maior vida de prateleira (SILVA et al., 2005).

Considera-se vida útil ou de prateleira o espaço de tempo no qual o produto mantém um nível de qualidade predeterminado sob condições especificadas do armazenamento. Assim sendo, busca-se a otimização de alguns fatores como temperatura, umidade relativa, entre outros (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

O primeiro passo para se estimar a vida de prateleira de alimento é identificar as alterações que influenciam sua qualidade. Realiza-se, a seguir, um estudo cuidadoso dos componentes e do processo para se determinar quais as alterações que, provavelmente, exercerão maior impacto sobre a deterioração do produto. A cinética dessas alterações determinará a vida de prateleira do produto, juntamente com as condições às quais o alimento será submetido durante o período de estocagem (AZEREDO, 2004).

Entre os fatores ambientais que afetam a estabilidade de alimentos, o mais estudado é a temperatura, o que se justifica não apenas por seu grande efeito sobre as taxas de reação mas também pelo fato de ser um fator totalmente imposto pelo ambiente ao alimento; neste contexto, as propriedades de barreira contra a ação desses fatores representam papel de grande importância na estabilidade de alimentos durante o armazenamento (TAOUKIS et al., 1997).

2.6.1 – Vida de prateleira por testes acelerados

A qualidade de produtos desidratados se altera com o tempo de armazenamento em razão de várias reações. Esses produtos apresentam, quando embalados, maior vida de prateleira se protegidos para evitar o contato com o oxigênio e o ganho de umidade, de modo a não ocorrer o empedramento ou aglomeração (ALVES, 2001).

A vida de prateleira de um alimento desidratado depende de fatores extrínsecos, como: tamanho e propriedades da embalagem, condições ambientais de estocagem (umidade, concentração de oxigênio, luz e temperatura), transporte e manuseio e também de fatores intrínsecos, como: composição química do alimento, tipo e concentração de

aditivos (ALVES & BORDIN, 1998; TEIXEIRA et al., 2004; CANO-CHAUCA et al., 2005).

Embalagens laminadas têm sido mais efetivas em relação às embalagens de polietileno, no prolongamento de vida útil de produtos desidratados, conforme demonstram alguns resultados da literatura, devido à maior proteção contra oxidação e absorção de umidade (SOARES, 2001; SILVA, 2005).

A previsão da vida-de-prateleira não é uma tarefa fácil e de resultado preciso; contudo, é sempre importante ter o máximo de informações sobre o alimento a ser conservado conhecendo-se, de preferência, o mecanismo e a cinética das principais reações de deterioração. Muitos produtos têm um longo tempo de vida útil, o que dificulta a determinação experimental em tempos compatíveis com as programações comerciais das empresas. Para tais situações a aplicação de Testes Acelerados de Vida-de-Prateleira (TAVP) apresenta-se como alternativa. O TAVP consiste no armazenamento do produto de interesse sob condições ambientais definidas e controladas, de forma a acelerar as taxas de transformação (VITALI et al., 2004).

MOURA et al. (2007), realizaram estudo visando a uma estimativa da vida-de-prateleira de maçã-passa; depois da secagem o produto foi caracterizado quanto à atividade de água, umidade e cor, sendo, então, acondicionado em sacos plásticos de polietileno e armazenado durante quinze dias para equilíbrio da umidade; depois deste período, o produto foi acondicionado em embalagens de polietileno de 140 μ , com aproximadamente 200 g de capacidade. As embalagens foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas em câmaras com temperatura controlada: 5 °C (UR \approx 90%) - controle; 25 °C (UR \approx 70%) – ambiente; e 35 °C (UR \approx 40%) - acelerado (TAVP). A vida-de-prateleira da maçã-passa foi acompanhada de análises físico-químicas (umidade, atividade de água, cor e textura) e sensoriais. Os resultados de determinação da umidade da maçã-passa obtidos neste trabalho, indicaram que a umidade e a atividade de água permaneceram praticamente constantes nas temperaturas de 5 e 25 °C; Já na temperatura de 35 °C, a redução da umidade foi, durante os 177 dias de acompanhamento, da ordem de 20%. Tendo em vista as pequenas variações de umidade e atividade de água observadas na temperatura de 5 e 25 °C, pode-se dizer que a embalagem utilizada apresentou barreira adequada ao vapor d'água. A embalagem de filme PE, portanto, para a aplicação em questão, é uma alternativa viável na temperatura de comercialização. A textura da maçã-passa permaneceu praticamente constante, com um leve aumento da rigidez, em função do tempo, na temperatura de 35 °C. Os resultados de determinação da cor (L, a, b e ΔE) da

maçã-passa indicam que o produto apresentou escurecimento, ou seja, diminuição de L, tanto maior quanto maior a temperatura; já os parâmetros a e b permaneceram praticamente os mesmos com o aumento da temperatura, ao longo do tempo. A diferença total de cor (ΔE) aumentou com o tempo e com a temperatura, principalmente na temperatura de 35 °C. Ao final deste estudo os pesquisadores concluíram que o emprego de testes acelerados para a determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa demonstrou ser factível. A vida-de-prateleira da maçã-passa armazenada em filme de polietileno de 140 μ , na temperatura de 25 °C, foi de aproximadamente 200 dias.

Durante estudo realizado por GRIZOTTO et al. (2006) com fruta estruturada produzida com polpa concentrada de mamão (700 g/kg), sacarose (340 g/kg), alginato de sódio (7 g/kg), pectina de baixa metoxilação (7 g/kg) e glicerol (50 g/kg), cortada no formato cilindro sólido (vol. aprox. 2 cm³), desidratada até 12% umidade, com cobertura de açúcar impalpável, foi submetida a um estudo de vida-de-prateleira, e então foram realizadas análises físicas, químicas, sensoriais e microbiológicas no produto devidamente acondicionado em sacos de filme multilaminado, para acompanhar a evolução da perda de qualidade do produto armazenado a 0, 25 e 35 °C, durante 120 dias. Os resultados mostraram que a firmeza objetiva e as avaliações subjetivas da textura e qualidade global, foram as que melhor identificaram a queda na qualidade da fruta estruturada durante a estocagem. Na condição acelerada (35 °C), o produto foi considerado próprio para consumo até 56 dias de armazenamento, quando atingiu a nota 4,5 (não gostei/nem desgostei) da escala de qualidade global do teste sensorial. Os dados cinéticos, $E_a = 19,89$ kcal/mol e $Q_{10} = 3$, estabelecidos no teste acelerado, permitiram estimar o limite da vida útil em 168 dias para o produto armazenado a 25 °C; em condições normais de armazenamento, estimam-se 154 dias de vida útil com base na equação da qualidade global dos resultados sensoriais.

ENDO et al. (2007), realizaram estudo utilizando o suco de maracujá desidratado por spray-drying, natural e adicionado de açúcar; este foi embalado em embalagens laminadas e armazenado em ambientes de 30 e 40 °C e 84% de umidade relativa. Os sucos embalados tiveram sua vida útil avaliada por determinações físicas e microbiológicas. A adição de açúcar aumentou a solubilidade, a molhabilidade, o tamanho da partícula e os valores de luminosidade (L^*) do produto, mas diminuiu os parâmetros de cor a^* (intensidade da cor vermelha) e b^* (intensidade da cor amarela) do produto. Durante o armazenamento os produtos foram alterados fisicamente em relação aos parâmetros de cor e tamanho da partícula, tornando-se escuros e aglomerados, notadamente aqueles

adicionados de açúcar e expostos a 40 °C. Devido à aglomeração excessiva em ambientes de maior temperatura e à perda de cor mais acentuada em quaisquer temperaturas de armazenamento, não é recomendável a adição de sacarose comercial ao suco desidratado. Sendo os sucos desidratados sem adição de açúcar microbiologicamente estáveis, sua vida útil foi limitada pelas análises físicas. Consideram-se 120 dias a 30 °C e 60 dias a 40 °C um período de armazenamento seguro, pois para ambas as temperaturas notou-se, aos 180 dias, queda de umidade e aumento de tamanho de partícula, indicativo de aglomeração e posterior dificuldade de reconstituição e cor muito escura, aos 120 dias de armazenamento a 40 °C.

2.7 – Isoterma de adsorção de umidade

Isotermas de adsorção de umidade descrevem a quantidade de água adsorvida por um produto, em dada temperatura, em função da atividade de água (a_w) ou da umidade relativa (GÓIS, 1981). Desta forma, o conhecimento do teor de água de equilíbrio quando submetido a diferentes condições de temperatura, é uma informação necessária para o armazenamento do produto (ANSELMO et al., 2008).

A água é um dos fatores que mais influem na alteração dos alimentos; por outro lado, está perfeitamente demonstrado que os alimentos com o mesmo teor em água se alteram de forma distinta, do que se deduz claramente que a quantidade de água não é, por si só, um indício fiel da deterioração dos alimentos; assim, surgiu o conceito de atividade de água (a_w) que indica a intensidade das forças que a unem a outros componentes e, conseqüentemente, à água disponível para o crescimento de micro-organismos, podendo ocorrer diferentes reações químicas e bioquímicas (ORDOÑEZ, 2005).

Uma vez produzida a fruta em pó, uma das mais importantes informações são as isotermas de equilíbrio higroscópico do produto que, tem por finalidade, estabelecer se o produto sob determinadas condições de temperatura e umidade relativa do ar tende a sorver ou dessorver água. Segundo CARVALHO (1994), a atividade de água de um produto tem valor equivalente ao da umidade relativa do ar embora sejam conceitos diferentes. De acordo com o mesmo autor, a atividade de água (a_w) é uma medida da quantidade de moléculas de água livres ou ativas, geralmente obtida em relação à pressão de vapor da água pura. Esta medida é de fundamental importância visto que, por meio dela, podem ser previstos reações químicas e enzimáticas e o desenvolvimento de micro-organismos. A

partir do conhecimento da a_w pode-se, propor, também, sistemas adequados de embalagem para determinado produto.

O conhecimento e a compreensão das isotermas dos alimentos são de grande importância na área de tecnologia e de ciência dos alimentos para a resolução de muitos problemas, como avaliação e caracterização das ligações da água; análise do calor de sorção; otimização de processos de secagem; avaliação de problemas de estocagem e embalagem e na estimativa da estabilidade microbiológica, química e física dos alimentos (DITCHFIELD, 2000).

ALCÂNTARA et al. (2009), realizaram estudo de adsorção de umidade do pedúnculo do caju (*Anarcadium occidentale* L.) nas temperaturas usuais de fermentação (25, 30, 35 e 40 °C); amostras em triplicata foram pesadas com aproximadamente 1 g do produto em cadinhos e armazenadas em recipientes herméticos contendo soluções salinas saturadas, até alcançarem a umidade de equilíbrio para determinada faixa de umidade relativa. As temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C foram fornecidas por câmaras do tipo BOD (Demanda Bioquímica de Oxigênio). As amostras foram pesadas a cada 24 h, até atingirem massa constante, quando então foram levadas à estufa a 100 °C, para determinação da massa seca. As isotermas foram ajustadas com os modelos de BET, GAB, Oswin, Henderson e Smith, com o modelo de GAB apresentando melhor ajuste, em todas as temperaturas.

GALDINO et al. (2005), determinaram as isotermas de adsorção de umidade de umbu em pó obtido pelo processo de secagem em camada de espuma, utilizando o método gravimétrico estático com soluções saturadas de sais em três temperaturas (25, 30 e 35 °C). As isotermas foram classificadas como sendo do tipo III, com as maiores umidades de equilíbrio observadas na temperatura de 25 °C.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), no Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e nos laboratórios de Bromatologia e de Microbiologia de Alimentos (LAMA) da Faculdade de Tecnologia do Cariri (FATEC), Juazeiro do Norte, CE.

3.1 – Matérias-primas

Utilizaram-se como matérias-primas o fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill), também denominado figo-da-índia, adquirido no município de Boqueirão, no Estado da Paraíba, com as coordenadas 07° 28'55" S, 36° 08'06" O e altitude de 355 m e os seguintes aditivos: extrato de soja integral marca Mãe Terra® (utilizado como estabilizante); o emulsificante e estabilizante Emustab da marca Selecta® (composto à base de monoglicerídeos de ácidos graxos destilados, monoesterato de sorbitana, lecitina, estabilizante carragena e conservante sorbato de potássio); e o estabilizante Super Liga Neutra da marca Selecta® (composto à base de açúcar e dos espessantes goma guar e carboximetilcelulose), adquiridos no comércio da cidade de Campina Grande, PB.

3.2 – Processamento do figo-da-índia

Na Figura 3.1 se encontra o fluxograma do processamento dos frutos, para obtenção da polpa integral do figo-da-índia.

Os frutos (Figura 3.2), foram colhidos da planta no estágio de maturação maduro, apresentando cor da casca amarela, sendo colocados em caixas de polietileno e levados ao laboratório, onde foram selecionados manualmente a fim de se eliminar os frutos que apresentavam danos físicos ou aspecto de podridão, separando-se os de melhor aparência; em seguida, foram lavados, um a um, com detergente e esponja, com a finalidade de se eliminar parte de seus espinhos; posteriormente, foram imersos em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio com concentração de 50 ppm, durante 15 minutos; logo após foram enxaguados em água corrente, com a finalidade de se retirar o excesso da solução de hipoclorito de sódio.



Figura 3.1 -. Fluxograma do processamento para obtenção da polpa do figo-da-índia



Figura 3.2 – Figo-da-índia

O descascamento foi realizado manualmente com auxílio de uma faca de aço inoxidável, cortando-se as frutas nas extremidades e no comprimento (Figura 3.3a) e removendo a casca (Figura 3.3b); em seguida, a polpa e as sementes foram acondicionadas em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenadas em freezer a -13 °C.

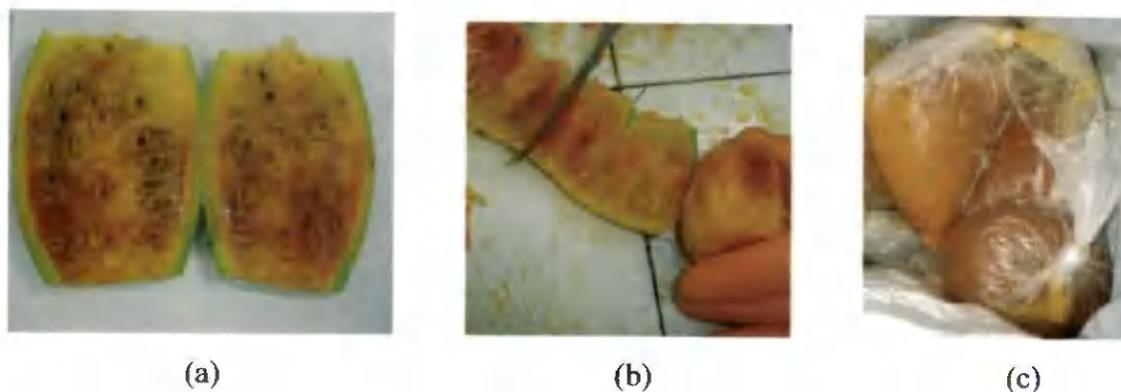


Figura 3.3 – Processo de despulpamento do figo-da-índia

As polpas com sementes embaladas foram descongeladas posteriormente, e passadas em despulpadeira mecânica, para a separação da polpa das sementes; após esta etapa a polpa integral foi homogeneizada, reembalada e recongelada rapidamente por imersão em nitrogênio líquido e, em seguida, armazenada em freezer a $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Figura 3.3c) até o momento da realização dos experimentos.

3.3 - Caracterização da polpa integral do figo-da-índia

A polpa integral do figo-da-índia obtida no processamento, foi caracterizada química, física e fisico-quimicamente e avaliada microbiologicamente.

3.3.1 - pH

O pH foi determinado através do método potenciométrico, com o medidor de pH da marca Tecnal modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0. Os resultados foram expressos em unidades de pH.

3.3.2 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

O teor de sólidos solúveis totais expresso em °Brix foi determinado pelo método refratométrico, em refratômetro tipo Abbe, com correção de temperatura, segundo as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a).

3.3.3 - Ácido ascórbico

A análise do ácido ascórbico foi realizada segundo o método da AOAC (1997), modificado por BENASSI & ANTUNES (1988) no qual se utiliza ácido oxálico como solução extratora, e se baseia na titulação da amostra, empregando-se 2,6 diclorofenol indofenol sódio, que dá cor azul em solução alcalina e cor rósea em solução ácida. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

3.3.4 – Umidade

A umidade foi determinada em estufa a vácuo, segundo o método analítico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a). Os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.5 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada pelo método acidimétrico do manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.3.6 - Açúcares redutores

O teor de açúcares redutores foi determinado pelo método de redução alcalina, descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a), e os resultados expressos em percentagem de glicose.

3.3.7 - Cinzas

Determinadas conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a), cujos resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.8 – Proteína

O teor de proteína foi determinado através do método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005a).

3.3.9 – Cor

A determinação da cor das amostras foi realizada obtendo-se os parâmetros L^* , a^* e b^* que foram medidos com o espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, em que L^* define a luminosidade ($L^* = 0$ – preto e $L^* = 100$ – branco) e a^* e b^* são responsáveis pela cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde; $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul).

As leituras nas amostras foram feitas em triplicata utilizando-se o sistema com luminosidade D65, um ângulo de observação de 10° e com calibração com placa branca com o seguinte padrão: $X = 80,5$; $Y = 85,3$; $Z = 90,0$.

3.3.10 – Densidade

A densidade da polpa integral do figo-da-índia e da emulsão, elaborada com a polpa e aditivos, foi determinada em triplicata através do método picnométrico, na temperatura de 25°C .

O método consiste na medida da massa de um volume conhecido do líquido em um picnômetro de 25 mL ou 50 mL, sendo a densidade calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras.

3.3.11 – Análises microbiológicas

a) Preparo da amostra

Pesaram-se 25 g da amostra, assepticamente, em 225 mL de caldo lactosado e se promoveu a homogeneização para a realização das análises de coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp.

b) Coliformes termotolerantes

Para a determinação dos coliformes termotolerantes utilizou-se a técnica dos tubos múltiplos (Técnica do Número Mais Provável - NMP), seguindo-se a metodologia da APHA (2001). Efetuou-se a diluições sucessivas (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}), em água peptonada (AP), a qual foi inoculada em tubos contendo Caldo Lactosado (CLS). Incubaram-se os tubos a 35 °C/24 a 48 horas observando-se, ao final deste período, se houve crescimento evidenciado pela formação de gás (resultado positivo). Os tubos positivos foram repicados em Caldo Verde Brilhante Bile (BVB) e novamente incubados na mesma temperatura, pelo tempo de 24 a 48 horas observando-se, após, a produção de gás. Os tubos positivos foram então repicados em Caldo EC e incubados a 45 °C/24 horas; após este tempo de incubação, efetuou-se a leitura dos tubos positivos, utilizando-se a tabela de NMP/g, para verificar a contagem dos coliformes termotolerantes.

c) *Salmonella* spp.

Fez-se a pesquisa de *Salmonella* spp. foi feita com base na metodologia indicada em APHA (2001). O tubo contendo 25 g de amostra em 225 mL de caldo lactosado foi incubado a 35 °C/24 h. Após este período inoculou-se em Caldos Tetrionato (TT), Selenito-cistina (SC) e Rappaport Vassiliadis (RAP), incubando-se a 42 °C/24 h; e decorrido este período, inoculando por estriamento nos meios Agar Verde Brilhante (BG), Hektoen Enteric Agar (HK), XLD Agar e *Salmonella Shigella* Agar (SS), incubando-se a 35 °C/ 24 h. Ocorrendo a formação de colônias típicas efetuam-se, então, as provas bioquímicas para confirmação da presença de *Salmonella* spp.

3.4 – Produção do figo-da-índia em pó

Na Figura 3.4 tem-se o fluxograma do processamento para obtenção do figo-da-índia em pó.



Figura 3.4 - Fluxograma do processamento para obtenção do figo-da-índia em pó

3.4.1 - Preparo da emulsão e da espuma

Visando a realização do processo de secagem em camada de espuma da polpa do figo-da-índia, tomou-se como base o trabalho anterior realizado por CAMPELO (2009), no qual foram testadas várias formulações com diferentes tipos de aditivos e concentrações, tempo de batimento, espessura da camada de espuma e temperatura de secagem. Do referido trabalho retirou-se a informação de que a formulação com desempenho satisfatório foi a preparada com polpa integral do figo-da-índia com adição de 2% de Emustab (m/m), 0,5% de Super Liga Neutra (m/m) e 5% de extrato de soja (m/m). Daí, adotou-se esta formulação para a realização do presente trabalho dando continuidade ao estudo da secagem em camada de espuma da polpa do figo-da-índia e armazenamento do pó obtido.

Inicialmente, preparou-se a formulação misturando-se os ingredientes e nas concentrações citadas anteriormente, denominando-se esta mistura de emulsão, em razão da incorporação do emulsificante; em seguida a emulsão foi levada para batimento em uma batedeira doméstica pelo tempo de 15 minutos, segundo recomendação de CAMPELO (2009), para formação da espuma.

3.4.2 - Caracterização da emulsão e da espuma

Com o intuito de verificar as possíveis alterações provocadas pelo batimento da emulsão, realizou-se a caracterização da emulsão (antes do batimento) e da espuma (após o batimento). Analisaram-se, nessas amostras, pH, sólidos solúveis totais (°Brix), umidade, ácido ascórbico, acidez total titulável, cinzas, açúcares redutores, proteína, densidade, cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) e coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp., seguindo-se as metodologias citadas no item 3.3.

3.4.2.1 – Análise estatística

Aplicou-se o delineamento inteiramente casualizado utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009), para se verificar prováveis diferenças estatísticas entre os parâmetros determinados na polpa integral do figo-da-índia, na emulsão e na espuma. O teste de comparação entre médias aplicado foi o de Tukey a 5% de probabilidade.

3.4.3 - Secagem em camada de espuma

Após seu preparo, (item 3.4.1), a espuma foi espalhada em bandejas de aço inoxidável com uma camada de espuma de 0,8 cm, medida com auxílio de paquímetro, conforme recomendação de CAMPELO (2009); em seguida, as bandejas foram levadas para secagem em estufa com circulação de ar, na temperatura de 90 °C (CAMPELO, 2009).

O produto desidratado foi retirado das bandejas com auxílio de uma espátula de aço inoxidável e em seguida foi triturado em multiprocessador doméstico, para obtenção do produto pulverizado (amostra em pó).

3.4.3.1 - Cinética de secagem

Durante o processo de secagem da espuma fez-se o acompanhamento da cinética de secagem. Para tal, pesagens periódicas das bandejas foram feitas com as amostras, inicialmente a cada 10 min e posteriormente a cada 15 e 20 min, até peso constante.

Com os dados experimentais das secagens foram calculados os valores da razão de umidade (Equação 3.1).

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} \quad (3.1)$$

em que:

RU – razão de umidade (adimensional)

U – umidade “absoluta” (base seca)

U_e – uraidade de equilíbrio (base seca)

U_0 – umidade inicial (base seca)

Os modelos semiteóricos de Cavalcanti Mata (Equação 3.2), Hendcrson & Pabis (Equação 3.3) e Page (Equação 3.4) foram ajustados às curvas de secagem.

Cavalcanti Mata

$$RU = a_1 \left[\exp(-bt^{a_2}) + a_3 \cdot \exp(-bt^{a_4}) + a_5 \right] \quad (3.2)$$

em que:

RU – razão de umidade (adimensional)

a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 e b – parâmetros do modelo

t – tempo (min)

Hendcrsou & Pabis

$$RU = a \exp(-kt) \quad (3.3)$$

em que:

RU – razão de umidade (adimensional)

a - constante do modelo (adimensional)

t - tempo (min)

Page

$$RU = \exp(-kt^n) \quad (3.4)$$

em que:

RU – razão de umidade (adimensional)

k – constante do modelo (1/h)

n – constante do modelo

t – tempo (min)

Para avaliar qual modelo produziu o melhor ajuste foram utilizados, como parâmetros, o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (Equação 3.5).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{pred} - RU_{exp})^2}{n}} \quad (3.5)$$

em que:

DQM – desvio quadrático médio

RU pred – razão de uraidade predito pelo modelo

RU exp – razão de umidade experimental

n- número de observações

3.4.4 – Caracterização do figo-da-india em pó

O figo-da-índia em pó obtido pelo processo de secagem em camada de espuraa, foi caracterizado, quanto ao pH, à uraidade, atividade de água, ácido ascórbico, acidez total titulável, açúcares redutores, proteína, densidade, cor, coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp., seguindo-se as metodologias citadas no item 3.3.

3.4.5 - Armazenamento do figo-da-india em pó

Obteve-se o figo-da-índia em pó na secagem em camada de espuma, o qual foi submetido a um armazenamento acelerado sob condições de temperatura e umidade relativa controlada.

A amostra em pó foi colocada em embalagens flexíveis laminadas compostas de uma camada de PET cristal (polietileno tereftalato cristal) com espessura de 12 μm , uma camada de PET metal (polietileno tereftalato metal) com espessura de 12 μm e uraa camada de PEBD cristal (polietileno de baixa densidade cristal) com espessura de 50 μm possuindo espessura total de aproximadamente 74 μm . As embalagens tinham aproximadamente 8 cm de cada lado e continham aproximadamente 25 g da amostra em cada cmbalagem; após serem colocadas nessas embalagens, as amostras em pó foram fechadas, utilizando-se seladora mecânica; a seguir, três embalagens contendo as amostras em pó foram colocadas em cada recipiente de vidro hermético, contendo soluções saturadas de brometo de sódio (NaBr) e de cloreto de potássio (KCl), as quais propiciam

um ambiente de umidade relativa controlada (Tabela 3.1); tais recipientes foram colocados em câmaras do tipo BOD nas temperaturas de 25 e 40 °C. As amostras colocadas nesses ambientes foram reconhecidas como tendo umidades relativas aproximadas de 55 e 83%.

Tabela 3.1 – Valores das umidades relativas proporcionadas pelas soluções de sais em função da temperatura de armazenamento

Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	
	NaBr	KCl
25	57,57	84,34
40	53,17	82,32
Média	55,4	83,3

No início do armazenamento (tempo zero) e a cada 20 dias, durante 100 dias foi feito o acompanhamento da estabilidade das amostras em pó através da determinação dos parâmetros de qualidade: umidade, atividade de água, açúcares redutores, acidez total titulável e cor, utilizando-se as metodologias descritas nos itens 3.3 e 3.4.4. O controle microbiológico quanto aos parâmetros coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp. Foi realizado utilizando-se as metodologias descritas no item 3.3.11, no início e no final do armazenamento.

3.4.5.1 – Análise estatística

Realizou-se a análise estatística, dos dados obtidos experimentalmente, ao longo do armazenamento, através do programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 6) com 2 temperaturas (25 e 40 °C), 6 tempos de armazenamento (0, 20, 40, 60, 80 e 100 dias) e 3 repetições, aplicado separadamente para as amostras armazenadas nas soluções saturadas de sais de cloreto de potássio (KCl) e brometo de sódio (NaBr). Fez-se a comparação entre médias aplicando-se o teste de Tukey.

Também se aplicaram regressões polinomiais aos dados experimentais dos parâmetros analisados separadamente, em função do tempo de armazenamento, para cada condição de umidade relativa e temperatura.

3.5 - Isotermas de adsorção de umidade

As isotermas de adsorção de umidade do figo-da-índia em pó foram determinadas utilizando-se o método especial indireto estático, segundo CAPRISTE & ROTSTEI (1982), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C; para tal, fez-se a leitura da atividade de água das amostras utilizando-se o equipamento *Aqualab* modelo 3TE da Decagon Devices.

Amostras com aproximadamente 2 g, foram pesadas e acondicionadas nos porta-amostras (recipiente de polietileno) do *Aqualab*, medindo-se imediatamente a atividade de água no referido equipamento, nas temperaturas desejadas; em seguida, as amostras eram colocadas em recipientes de vidro herméticos contendo água (ambiente para adsorção de umidade) e mantidos na temperatura de trabalho. Inicialmente, a cada 30 min e, posteriormente, a cada 1 hora, as amostras eram retiradas dos potes de vidro e realizadas as leituras da atividade de água, como também era acompanhada a massa da amostra neste mesmo intervalo. Monitorava-se a medição da atividade de água até as amostras atingirem um valor próximo de 0,9; em seguida, a amostra era levada para a estufa a 70 °C, até peso constante, para determinação da massa seca e, conseqüentemente da umidade de equilíbrio, determinada pela relação entre a massa de água e a massa seca da amostra (Equação 3.6).

$$U_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} 100 \quad (3.6)$$

em que:

U_e – umidade de equilíbrio (% base seca)

m_e – massa da amostra no equilíbrio

m_s – massa seca da amostra

Os modelos de GAB (Equação 3.7), Peleg (Equação 3.8) e Oswin (Equação 3.9), foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras em pó utilizando-se o programa Statistica versão 5.0, através da regressão não linear pelo método de estimativa Quase-Newton.

GAB

$$U_e = \frac{X_m CKa_w}{(1 - Ka_w)(1 - Ka_w + CKa_w)} \quad (3.7)$$

em que:

U_e – umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

X_m – umidade na monocamada molecular

C e K – parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto

Peleg

$$U_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (3.8)$$

em que:

U_e – umidade de equilíbrio

a_w - atividade de água

K_1, K_2, n_1 e n_2 – constantes do modelo

Oswin

$$U_e = a \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^b \quad (3.9)$$

em que:

U_e – umidade de equilíbrio

a_w – atividade de água

A e b – parâmetros de ajuste do modelo

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos às isotermas de adsorção de umidade foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculados conforme a Equação 3.10.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(U_{exp} - U_{teor})|}{U_{exp}} \quad (3.10)$$

em que:

P - desvio percentual médio (%)

U_{exp} – valores obtidos experimentalmente

U_{teor} – valores preditos pelo modelo

n – número de dados experimentais

MELO (2008), em estudo com polpa integral de mandacaru e da espuma, ao encontrar valores de 10,69 e 13,57 °Brix, respectivamente.

Tabela 4.1 – Valores médios dos parâmetros físico-químicos, físicos, químicos e microbiológicos da polpa integral do figo-da-índia, da emulsão e da espuma

Parâmetro	Polpa	Emulsão	Espuma
pH	5,15 ± 0,01	6,16 ± 0,00	6,24 ± 0,00
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,58 ± 0,00	13,50 ± 0,00	13,40 ± 0,00
Umidade (% b.u)	87,9113 ± 0,0113a	82,7091 ± 0,0599b	82,4960 ± 0,1014c
Ácido ascórbico (mg/100g)	8,7264 ± 0,7944a	6,7155 ± 0,4209b	6,2572 ± 0,3041b
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,8449 ± 0,0024a	0,1240 ± 0,0003b	0,1261 ± 0,0035b
Cinzas (%)	0,2936 ± 0,0091c	0,5092 ± 0,0018a	0,4753 ± 0,0023b
Açúcares redutores (% glicose)	12,9116 ± 0,0202a	8,2830 ± 0,1816b	8,4822 ± 0,1933b
Proteína (%)	2,3678 ± 0,3900a	2,6900 ± 0,2417a	2,2000 ± 0,1033a
Densidade (g/cm ³) (25 °C)	1,0487 ± 0,0007a	1,0453 ± 0,0009a	0,4046 ± 0,0364b
Luminosidade (L*)	26,29 ± 1,39c	58,73 ± 1,57b	77,67 ± 0,01a
Intensidade de vermelho (+a*)	12,20 ± 0,48b	15,14 ± 0,07a	7,99 ± 0,14c
Intensidade de amarelo (+ b*)	37,75 ± 1,24b	51,32 ± 0,27a	37,09 ± 0,55b
Coliformes termotolerantes a 45 °C (NMP/mL)	< 3	< 3	< 3
<i>Salmonella</i> spp. (25 mL)	ausente	ausente	ausente

Obs.: As médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade

A umidade da polpa integral do figo-da-índia, de 87,9113 %, é semelhante à média encontrada por CANUTO et al. (2007), de 87,8%, para o mesmo fruto. Este valor está dentro da faixa encontrada para frutos de consumo tradicional que, geralmente, varia entre 85 e 95%, como o melão que, em estudo de ARGANDOÑA et al. (2002), apresentou teor de umidade de 92,10%. A emulsão e a espuma, cujos teores de umidade foram de 82,7091 e 82,4960 %, respectivamente, tiveram, como esperado, a umidade significativamente reduzida pelo acréscimo de sólidos. Uma provável justificativa para o teor de umidade da

espuma ter sido significativamente inferior ao da emulsão, pode ter sido pela evaporação de umidade durante o batimento.

O teor de ácido ascórbico encontrado para a polpa integral, de 8,7264 mg/100 g, foi estatisticamente maior do que os determinados para a emulsão (6,7155 mg/100 g) e para a espuma (6,2572 mg/100 g); no entanto, esses valores foram inferiores aos encontrados por MATSUURA & ROLIM (2002), para o suco integral de abacaxi, que foi de 20,9 mg/100 g o qual foi considerado um fruto com baixo teor de ácido ascórbico. Em estudo realizado por SOARES et al. (2001), utilizando a polpa de acerola, o valor encontrado para este mesmo parâmetro foi de 1.620 mg/100 g; já TANAKA (2007), ao avaliar o teor de ácido ascórbico em suco de acerola verde, encontrou o valor de $33,3 \times 10^3$ mg/100 g. Como a acerola é considerada uma das maiores fontes de ácido ascórbico, tais valores situam a polpa do figo-da-índia em um patamar inferior com relação à presença dessa vitamina. O decréscimo do teor de ácido ascórbico na emulsão e na espuma com relação à polpa integral era provável, em razão dos aditivos não possuírem ácido ascórbico em sua composição. Em trabalho realizado por GURJÃO (2006), utilizando o mesmo processo de secagem para obtenção do pó de tamarindo, foi evidenciado que não houve alteração no teor de ácido ascórbico da formulação com relação à polpa, ficando comprovado que os aditivos utilizados na quantidade utilizada não influenciaram este parâmetro.

O teor de acidez total titulável encontrado para a polpa integral foi aproximadamente 22,9 vezes maior do que o teor detectado por SAÉNZ et al. (2009), isto é, 0,037% ácido cítrico para o mesmo fruto, colhido no Chile. Os valores determinados para a emulsão e a espuma foram estatisticamente semelhantes e significativamente menores quando comparados com a polpa, significando que os aditivos foram responsáveis pela redução da acidez e que o tempo de batimento não influenciou no teor de acidez em reação à emulsão.

O teor de cinzas da polpa integral foi significativamente inferior ao encontrado por CANUTO et al. (2007), de 0,44% para o figo-da-índia. A emulsão e a espuma apresentaram valores aumentados, de 0,5092 e 0,4753%, respectivamente. Todos esses valores superam os determinados por ALMEIDA et al. (2009) em fruto de mandacaru, que variaram entre 0,20 e 0,15%.

O valor obtido para açúcares redutores na polpa foi maior que o encontrado por CANUTO et al. (2007), de 11,43% de glicose na polpa integral do mesmo fruto, e foi também estatisticamente mais elevado quando comparado com a emulsão e a espuma. Ficou evidenciado que os aditivos contribuíram significativamente para a redução do teor

de açúcares redutores na emulsão e o batimento não influenciou no teor de açúcares redutores, da mesma forma como ocorrido para o teor de ácido ascórbico e acidez total titulável. OLIVEIRA et al. (2006), encontraram um valor bem inferior ao da polpa integral do figo da índia em polpa integral de pitanga, que foi de 3,82% de glicose.

O teor de proteínas da polpa integral foi maior que o encontrado por MEDINA et al. (2007), que foi de apenas 0,90% também para o figo-da-índia, e próximo ao determinado por SAÉNZ (2000) para o mesmo fruto, isto é, 1,6%. A emulsão apresentou um valor estatisticamente igual ao da polpa; constata-se, desta forma, que a concentração do extrato de soja, produto rico em proteínas, não foi suficiente para alterar significativamente o teor de proteínas da emulsão com relação à polpa; observa-se também que o tempo de batimento requerido para a formação da espuma não interferiu na concentração de proteínas, já que este parâmetro se mostrou estatisticamente igual ao da emulsão, como também com relação ao teor encontrado na polpa.

A densidade na temperatura de 25 °C para a polpa integral do figo-da-índia foi de 1,0487 g/cm³, sendo este valor estatisticamente semelhante ao da emulsão. A densidade da polpa integral foi inferior ao valor determinado por SOARES et al. (2001) para a polpa de acerola, que foi de 1,15 g/cm³. SOUZA (2009), ao determinar a densidade de misturas compostas por diferentes polpas de frutas (manga, umbu e seriguela) e aditivos (amido, pectina e diferentes tipos de gordura), em diferentes concentrações, encontrou valores variando entre 1,059 e 1,064 g/cm³. Como esperado, a densidade encontrada para a espuma (0,4046 g/cm³) foi significativamente inferior quando comparada com o valor da emulsão, devido a incorporação de ar provocado pelo batimento que é o princípio da metodologia da secagem em camada de espuma. Diversos pesquisadores têm testado a secagem em camada de espuma de polpa de frutas, com diferentes densidades da espuma, ficando evidente que a densidade da espuma é influenciada principalmente pelas características da polpa, aditivos utilizados e tempo de batimento; conseqüentemente, com densidades diferentes se obtêm produtos secos com características diferentes, os quais dependem também da espessura da camada de espuma e das condições de secagem. Dentre essas pesquisas, THUWAPANICHAYANAN et al. (2008) secaram polpa de banana utilizando o processo de secagem em camada de espuma com densidades da espuma de 0,3; 0,5 e 0,7 g/cm³;

A cor de um produto alimentício é uma das características mais importantes para sua aceitação, pois o consumidor estabelece uma associação entre as modificações significativas da cor com os indícios de alterações químicas, físicas ou microbiológicas que

estão ocorrendo, com consequentes efeitos sobre as qualidades sensoriais (FIGUEIREDO et al., 2005).

Dos parâmetros da cor da polpa, da emulsão e da espuma, verifica-se que a polpa apresentou-se mais escura, com valores médios de luminosidade estatisticamente menores do que na emulsão e esta, por sua vez, valores significativamente menores que os da espuma. Com isso, verifica-se que a incorporação dos aditivos à polpa do figo da índia provocou um clareamento na emulsão e na espuma, pois quanto mais próximo o valor de L^* de 100, mais próximo do branco.

A intensidade de vermelho da polpa foi estatisticamente menor do que a da emulsão e significativamente maior do que na espuma; a intensidade de amarelo da polpa foi estatisticamente semelhante à da espuma e significativamente menor à da emulsão.

Em seu estudo SAÉNZ et al. (2009), determinaram os parâmetros da cor da polpa do figo-da-índia com adição de maltodextrina e com adição de inulina, e encontraram valores de luminosidade de 65,6 e 69,7, respectivamente, sendo estes superiores aos encontrados para a emulsão do presente estudo. Ainda com relação a esse estudo, verificou-se que os valores da intensidade de vermelho foram menores e os da intensidade de amarelo maiores, quando comparados com a emulsão do nosso estudo.

Com relação aos resultados obtidos para as análises microbiológicas verifica-se, que quanto aos coliformes termotolerantes, que a polpa integral, a emulsão e a espuma resultaram em um valor menor do que 3 NMP/mL estando muito abaixo do valor máximo determinado pela resolução do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) que é de 10^2 NMP/mL. Para a pesquisa de *Salmonella* sp. Constatou-se ausência na polpa integral, na emulsão e na espuma, estando também em conformidade com o que prescreve a resolução do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000).

4.2 - Cinética de secagem

Na Tabela 4.2 se apresentam os valores dos parâmetros, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos de Page, Henderson & Pabis e Cavalcanti Mata ajustados aos dados de secagem da formulação elaborada com polpa de figo-da-índia e aditivos, com espessura da camada de espuma de 0,8 cm e temperatura de secagem de 90 °C. Observa-se que o modelo que apresentou o maior coeficiente de determinação (R^2) e o menor desvio quadrático médio (DQM) foi o de

Cavalcanti Mata, considerado como o melhor modelo para estimar a curva de secagem da polpa de figo-da-índia formulada; o segundo melhor modelo foi o de Page, por último, o de Henderson & Pabis. Constata-se que os três modelos podem ser utilizados para representar o processo de secagem, já que apresentaram coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,97 e os desvios quadráticos médios (DQM) inferiores a 0,06. SILVA et al. (2008), utilizando os modelos de Page e Henderson & Pabis para o ajuste da curva de secagem da polpa de tamarindo pelo método de secagem em camada de espuma, na temperatura de 80 °C, também verificaram bons ajustes com esses modelos, encontrando valores de R^2 de 0,99 e 0,96, respectivamente.

Tabela 4.2 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos ajustados à curva de secagem da polpa de figo-da-índia formulada

Modelo	Parâmetro					R^2	DQM	
Page	k		n			0,9963	0,0214	
	0,0014		1,4801					
Henderson & Pabis	k		a			0,9714	0,0599	
	0,0130		1,1024					
Cavalcanti Mata	a_1	b	a_2	a_3	a_4	a_5	0,9981	0,0156
	-0,1326	0,0014	1,3767	1,1446	1,4488	-0,0288		

Os valores de k e n, obtidos com o modelo de Page, foram de 0,0014 min^{-1} e 1,4801, respectivamente, e para o modelo de Henderson & Pabis, os valores das constantes k e a, foram de 0,0130 min^{-1} e 1,1024. O parâmetro “n” do modelo de Page é uma constante que depende do produto e das condições de secagem (UCHOA et al., 2008). DANTAS et al. (2008) ao ajustarem o modelo de Page às curvas de secagem em camada de espuma da polpa de jaca cv. Mole na temperatura de 90 °C, encontraram valores de k e n de 0,0046 min^{-1} e de 1,2651, respectivamente, sendo este valor de k superior e o valor de n inferior aos determinados no presente trabalho.

PEREIRA (2008), ajustando o modelo de Henderson & Pabis às curvas de secagem do extrato de própolis obtido pela secagem em camada de espuma a uma temperatura de 55 °C, encontrou para a variável k, um valor de 0,0347 min^{-1} e para a constante o valor de

1,0159, valores esses superior e inferior, respectivamente, ao determinado no presente trabalho.

MELO (2008), ao ajustar o modelo de Cavalcanti Mata à curva de secagem em camada de espuma da polpa do mandacaru a 90 °C, encontrou um valor para o coeficiente de determinação de 0,999, próximo ao encontrado para a polpa do figo-da-índia.

Na Figura 4.1 se mostram os dados experimentais da cinética de secagem da polpa de figo-da-índia formulada, com espessura da camada de espuma de 0,8 cm e temperatura de secagem de 90 °C, e a curva de ajuste pelo modelo de Cavalcanti Mata, considerado o melhor modelo. Verifica-se que o tempo de secagem para obtenção do produto foi de 220 minutos, maior do que o tempo reportado por BASTOS et al. (2005), para a desidratação de polpa de manga pelo mesmo processo, usando a temperatura de 85 °C e inferior à de SANKAT & CASTAIGNE (2004), para secagem de polpa banana, utilizando o processo de secagem em camada de espuma, na temperatura de 90 °C e espessura da camada de 10 mm, em que o tempo gasto foi em torno de 1200 minutos. Essas diferenças nos tempos de secagem ocorrem em razão das diferentes temperaturas empregadas, principalmente, das características de cada produto.

Observa-se que a curva ajustada ficou muito próxima aos dados experimentais, fato comprovado pelo alto valor de R^2 e baixo valor de DQM.

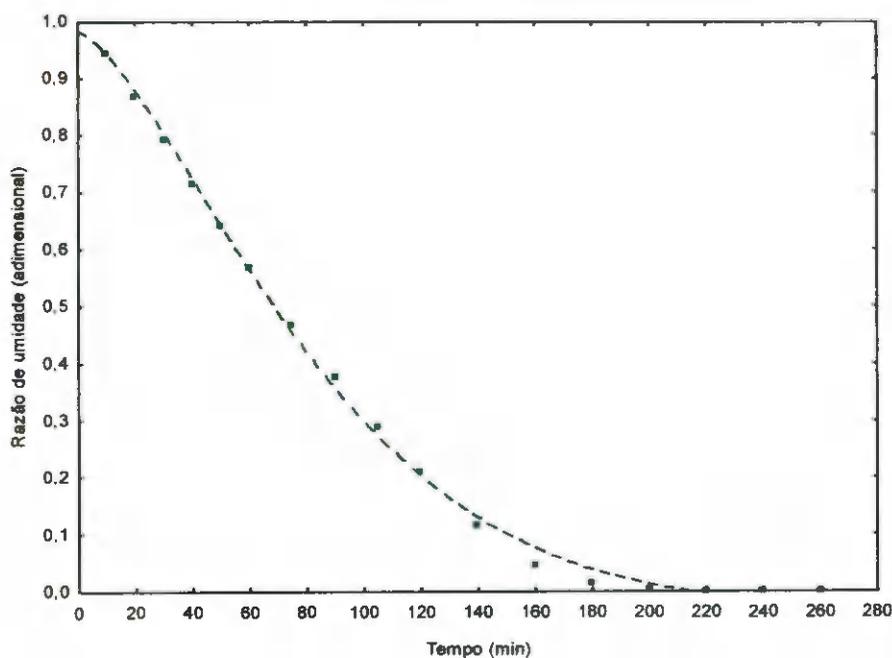


Figura 4.1 – Dados experimentais da cinética de secagem da polpa de figo-da-índia formulada com a curva de ajuste pelo modelo de Cavalcanti Mata

4.3 - Caracterização do produto em pó

Tem-se na Tabela 4.3, os valores médios dos parâmetros físico-químicos, físicos e químicos do figo-da-índia em pó. Observa-se que o valor do pH foi de 5,47; desta forma, a amostra em pó também foi considerada um produto pouco ácido ($\text{pH} > 4,5$) de acordo com a classificação de BARUFFALDI & OLIVEIRA (1998). FIGUEIREDO et al. (2005), encontraram o valor de pH de 3,82 para a polpa de acerola em pó, obtido pelo mesmo processo; este valor é inferior ao do pó do estudo em questão. Apesar do figo da índia em pó ter apresentado um pH relativamente alto, de acordo com PELCZAR JR. et al. (1997), a maioria dos micro-organismos cresce melhor em valores de pH entre 6,5 e 7,5 e poucos, abaixo de 5 ou acima de 9, desta forma, a referida amostra não apresentou pH na faixa ótima para o desenvolvimento de micro-organismos.

Tabela 4.3 – Valores médios dos parâmetros físico-químicos, físicos e químicos do figo-da-índia em pó

Parâmetro	Média e desvio padrão
pH	5,47 ± 0,00
Umidade (% b.u.)	7,4683 ± 1,6322
Cinzas (%)	2,7112 ± 0,2675
Ácido ascórbico (mg/100g)	20,5008 ± 0,0085
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	1,2454 ± 0,0350
Sólidos solúveis totais (°Brix)	62,52 ± 0,00
Açúcares redutores (% glicose)	39,0685 ± 0,9882
Proteína (%)	3,2317 ± 0,0716
Densidade (g/cm^3) (25 °C)	1,9537 ± 0,0589
Luminosidade (L^*)	64,11 ± 0,43
Intensidade de vermelho (+a*)	10,83 ± 0,26
Intensidade de amarelo (+ b*)	53,14 ± 0,21
Coliformes termotolerantes a 45 °C (NMP/mL)	<3
<i>Salmonella</i> spp. (25 mL)	Ausente

No processo de secagem ocorre a evaporação da água contida no produto; daí, a umidade da amostra em pó foi reduzida em 90,9% em relação à umidade da espuma,

ficando com teor de umidade de 7,4683%. O teor de umidade da amostra em pó encontrado foi inferior ao determinado por CAMARGO et al. (2008), para o maracujá amarelo em pó, desidratado pelo mesmo processo, que foi de 15,51%; esta diferença nos valores varia entre cada produto, em função dos diferentes tipos de aditivo que são utilizados, da espessura da camada de espuma, da densidade da espuma, das condições da secagem, como temperatura, velocidade do ar e tempo de secagem, dentre outras variáveis.

O valor obtido para as cinzas do figo-da-índia em pó foi menor quando comparado com o encontrado por MELO (2008), para o mandacaru em pó obtido pelo mesmo processo de secagem, que foi em média 3,19 % e maior do que o encontrado por COSTA et al. (2007) para pó alimentício obtido a partir do bagaço do abacaxi secado em estufa a vácuo, a 65 °C, que foi de 2,15%. O teor de cinzas que representa o conteúdo mineral da amostra demonstrou que o produto em pó do presente estudo pode ser considerado rico em minerais quando comparado com o tamarindo, que é uma das frutas com maior teor de cinzas (1,9%), de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006), e também tendo em vista que a adição do extrato de soja à polpa, contribuiu para o aumento deste parâmetro já que, nesta mesma tabela, o extrato solúvel de soja apresenta valor para cinzas de 5,2%.

O figo-da-índia em pó apresentou um teor de ácido ascórbico superior ao da espuma, que foi de 6,2572 mg/100 g, mesmo depois do processo de secagem, fato ocorrido em razão da evaporação da água com a secagem, provocando concentração no teor deste parâmetro. Constata-se, ainda, que este valor foi maior do que o determinado por UCHOA et al. (2008) para o pó alimentício obtido da casca do maracujá pelo processo de secagem em estufa a 65 °C, isto é, de 11,76 mg/100 g e menor do que o encontrado por OLIVEIRA et al. (2006) no pó de pitanga, obtido na secagem por aspersão, que foi em torno de 36 mg/100 g. Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2005b), o valor encontrado do ácido ascórbico do figo-da-índia em pó corresponde a 45,56% da ingestão diária recomendada (IDR) para um adulto, que é de 45 mg/100 g, demonstrando que este produto é interessante do ponto de vista nutricional podendo ser inserido na alimentação, de forma direta ou na composição de algum produto.

A acidez total titulável da amostra em pó apresentou valor superior em 887,6% ao da espuma, em razão de ter havido concentração deste teor, provocada pela secagem. O valor médio da acidez total titulável do figo-da-índia em pó foi inferior ao encontrado por SILVA et al. (2005), para a polpa de umbu-cajá em pó, obtida pelo mesmo processo, que foi de 5,4% ácido cítrico.

Para o teor de sólidos solúveis totais observa-se também, uma concentração deste parâmetro após a secagem. Cujos resultados corroboram com o obtido por SOARES et al. (2001), quando determinaram o teor de sólidos solúveis para o pó de acerola, obtido pelo processo de secagem em camada de espuma, e encontraram o valor de 62,30 °Brix, isto é, semelhante ao do figo da índia em pó.

O valor obtido para os açúcares redutores na amostra em pó foi maior 360,6% do que o determinado para a espuma, devido à concentração dos açúcares durante o processo de secagem; este valor foi inferior ao encontrado por PEREIRA et al. (2006), para o tomate em pó, de 42,31% de glicose e superior ao determinado por OLIVEIRA et al. (2006) para a pitanga em pó (coletada na câmara de secagem) obtida por secagem por aspersão, que foi de 11,48% de glicose.

O valor obtido para os açúcares redutores na amostra em pó foi maior 67% do que o determinado para a espuma, em virtude da concentração dos açúcares durante o processo de secagem. Referido valor foi inferior ao encontrado por PEREIRA et al. (2006), para o tomate em pó, ou seja, de 42,31% de glicose e superior aos determinados por UCHOA et al. (2008) para os pós obtidos do bagaço de caju e goiaba, pelo processo de secagem em estufa a vácuo a uma temperatura de 65 °C, tendo-se, encontrado valores de 36,55 e 5,31% glicose, respectivamente.

O figo-da-índia em pó apresentou maior teor de proteína que a polpa deste fruto; assim como na emulsão e na espuma, o aumento desse valor se deve à concentração provocada pela secagem. O conteúdo de proteínas na amostra em pó foi menor quando comparado com o quantificado por SOARES et al. (2001) para o pó de acerola obtido pelo mesmo processo de secagem, que foi de 9,05%. Segundo a legislação vigente (BRASIL, 2005b) o valor encontrado de proteína do figo-da-índia em pó corresponde a 6,5% da ingestão diária recomendada (IDR) para um adulto, que é de 50 g/100 g, demonstrando que este produto se acha em um patamar inferior, do ponto de vista nutricional, e que para ser introduzido na alimentação tem que ser associado a outros alimentos que possuam na sua composição, um percentual maior de proteína. Observa-se, entretanto, que este valor (3,2317g/100g) é semelhante ao teor de proteína do tamarindo *in natura*, que é de 3,2 g/100g, e este fruto é o que apresenta o maior teor de proteínas, segundo a tabela brasileira de composição dos alimentos, na categoria frutas (TACO, 2006) mostrando que, embora seja uma pequena percentagem de proteína, é significativa para ser introduzida na alimentação humana.

Observa-se ainda que a densidade determinada para o figo-da-índia em pó foi inferior à encontrada para a emulsão, para a espuma e para a polpa integral, mas superior ao valor encontrado por MIGLIATO et al. (2007) para o pó de jambolão obtido em estufa com circulação de ar (45 °C); foi de 0,86g/cm³ e superior ao reportado por OLIVEIRA et al. (2006), para a pitanga em pó obtida por secagem por aspersão, coletada no ciclone do referido equipamento, que foi de 1,3806 g/cm³.

Analisando os parâmetros da cor do figo-da-índia em pó verifica-se que a luminosidade foi menor 17,5% quando comparada com a espuma, significando que houve escurecimento da amostra com o processo de secagem. SAÉNZ et al. (2009), encontraram um valor de luminosidade próximo ao do estudo em questão para a polpa do figo da índia em pó com adição de maltodextrina, obtida em secador por aspersão (spray drying), que foi de 65,6.

Constata-se que houve um aumento da intensidade de vermelho (+a*) do figo da índia em pó em relação ao valor encontrado para a espuma, tornando-se, com o processo de secagem, a amostra mais vermelha; apesar desse acréscimo na amostra em pó, o valor ainda foi inferior ao reportado por GOMES et al. (2004) ao estudarem a acerola em pó obtida por secagem em leito de jorro, que foi de aproximadamente 12,5.

Da mesma forma como ocorreu para a intensidade de vermelho, nota-se que o valor da intensidade de amarelo (+ b*) do figo da índia em pó foi superior em relação ao valor da espuma; com isto, a amostra em pó ficou mais amarela, predominando esta cor; o valor de + b* encontrado neste pó foi superior ao indicado por PEREIRA et al. (2006) para tomate em pó desidratado em secador de bandejas (70 °C), ou seja, de 22,93.

Com relação aos resultados obtidos para as análises microbiológicas verifica-se, quanto aos coliformes termotolerantes, que o figo-da-índia em pó resultou em um valor menor do que 3 NMP/mL, estando muito abaixo do valor máximo determinado pela resolução do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000) que é de 10² NMP/mL. Para a pesquisa de *Salmoella* sp. foi constatada ausência no pó, estando também em conformidade com o que prescreve a resolução do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2000).

4.4 - Armazenamento

Tem-se, nas Tabelas A.1 a A.14 (Apêndice A), as análises de variância, usando-se esquema fatorial 6 (tempo de armazenamento) x 2 (temperatura), dos parâmetros avaliados (umidade, atividade de água, açúcares reductores, acidez total titulável, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo), durante o armazenamento sob atmosfera controlada do figo-da-índia em pó. Verificam-se que efeito significativo dos fatores avaliados (temperatura e tempo de armazenamento) e sua interação a 1% de probabilidade pelo teste F, para os parâmetros atividade de água, açúcares reductores e luminosidade do figo-da-índia em pó armazenado nas duas condições de umidade relativa média (55 e 83%); para a acidez total titulável só foram significativos a 1% de probabilidade pelo teste F os fatores avaliados e sua interação, apenas para a condição de armazenamento com umidade relativa média de 55%; Já para a acidez total titulável do figo-da-índia em pó armazenado com umidade relativa média de 83%, só a variável tempo de armazenamento foi significativa a 1% de probabilidade pelo teste F; a temperatura e a interação temperatura x tempo não foram significativos.

Com relação ao parâmetro umidade do figo-da-índia em pó armazenado com umidade relativa média de 55%, apenas a variável tempo de armazenamento teve efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F e, para as amostras armazenadas com umidade relativa média de 83%, só as variáveis temperatura e tempo de armazenamento tiveram efeito significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

4.4.1 - Umidade

Na Tabela 4.4 são apresentados os valores médios da umidade da formulação em pó do figo-da-índia, desidratado a 90 °C, acondicionada em embalagens flexíveis laminadas e armazenado durante 100 dias em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 57,57% e 53,17%, respectivamente; Na temperatura de 25 °C a umidade da amostra em pó teve aumento de aproximadamente 141% ao final dos 100 dias de armazenamento; na temperatura de 40 °C também ocorreu aumento na umidade da amostra em pó que, neste caso foi de aproximadamente 128% aos 100 dias em relação ao tempo inicial; Por outro lado, o ganho de umidade é progressivo, e detectado em valores absolutos entre todos os tempos de armazenamento. SILVA et al. (2005), observaram, durante estudo realizado com o umbu-cajá em pó obtido por secagem em camada de espuma, que ocorreu

um aumento da umidade nas amostras acondicionadas em embalagens de polietileno a partir dos dez dias de armazenamento e também observaram que nas amostras armazenadas em embalagens laminadas o aumento da umidade se deu a partir dos 50 dias de armazenamento; relataram, ainda, que ao final do tempo de armazenamento (60 dias) o valor da umidade das amostras permanecia semelhantes nos dois tipos de embalagem.

Tabela 4.4 - Valores médios da umidade do figo-da-índia em pó durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	
	25 °C – UR = 57,57%	40 °C – UR = 53,17%
0	7,4683 cA	7,4683 dA
20	8,5588 cA	9,6610 cdA
40	9,8297 cA	11,5299 bcA
60	13,2616 bA	13,5985 bA
80	16,8541 aA	16,4219 aA
100	18,0384 aA	17,0484 aA

MG = 12,4782%; CV = 8,38%; DMS para colunas = 2,6392; DMS para linhas = 1,7635

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

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

Pode-se observar ainda a baixa eficiência da embalagem laminada durante o armazenamento, tendo em vista que o aumento da umidade nas duas condições estudadas superou 100%. Entre as amostras armazenadas a 25 e a 40 °C não se observam diferenças estatísticas das umidades desde o início até o final do armazenamento e em todos os tempos intermediários, indicando que a influência maior foi do tipo de embalagem e da umidade relativa ambiente. ENDO et al. (2007), armazenaram suco de maracujá desidratado em secador por aspersão (spray drying) em embalagens laminadas, em ambientes com temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 84% observando que houve, também, aumento da umidade ao longo de 120 dias de armazenamento nas duas condições de armazenamento. Este tipo de comportamento evidencia que a permeabilidade ao vapor d'água da embalagem laminada, apesar de ser baixa nesse tipo de embalagem, é responsável pela troca de umidade da amostra com o ambiente externo e também certa deficiência na solda da embalagem pode provocar este aumento de umidade da amostra.

Na Tabela 4.5 são apresentados os valores médios de umidade do figo-da-índia em pó desidratado a 90 °C, acondicionado em embalagens flexíveis laminadas e armazenado pelo tempo de 100 dias em ambientes com temperatura de 25 e 40 °C e umidade relativa de 84,34% e 82,32%, respectivamente.

Tabela 4.5 - Valores médios de umidade do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dia)	Umidade (%)	
	25 °C – UR = 84,34%	40 °C – UR = 82,32%
0	7,4683 dA	7,4683 dA
20	8,6765 dB	10,4959 cA
40	12,1632 cA	13,4596 bA
60	13,8831 bcA	14,7782 bA
80	15,6362 abB	17,7050 aA
100	17,0370 aA	17,5745 aA

MG = 13,0288%; CV = 6,78%; DMS para colunas = 2,2305; DMS para linhas = 1,4904

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

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

Na temperatura de 25 °C houve um aumento de aproximadamente 128% do teor de umidade do início ao final do armazenamento; na temperatura de 40 °C observou-se aumento de aproximadamente 135% no final do período; tal como ocorrido com as amostras armazenadas em umidade relativa de 55,37% (Tabela 4.4), as amostras ganharam umidade progressivamente ao longo do armazenamento demonstrando que as embalagens não constituíram barreira suficiente; este resultado se assemelha ao reportado por ARLINDO et al. (2007), que verificaram, durante estudo com o pimentão em pó armazenado em embalagens de polietileno de baixa densidade em temperatura ambiente um aumento na capacidade higroscópica das amostras ao longo de 100 dias de armazenamento, demonstrando a ineficiência da embalagem ou do fechamento.

A temperatura de armazenamento não influenciou de forma perceptível na absorção de umidade e as amostras permaneceram com umidades estatisticamente iguais entre as temperaturas de armazenamento no início, aos 40, 60 e 100 dias, com diferenças estatísticas apenas entre as temperaturas nos tempos de 20 e 80 dias.

Nas Tabelas A.15 a A.18 (Apêndice A) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de umidade do figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de temperatura e umidade relativa analisadas.

Na Tabela 4.6 tem-se as equações de regressão linear ajustadas aos dados experimentais da umidade em função do tempo de armazenamento, para o figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada e armazenado em ambientes com umidades relativas médias de 55 e 83% e temperaturas de 25 e 40 °C.

Tabela 4.6 - Equações de regressão linear propostas para o cálculo da umidade (%) do figo-da-índia em pó em função do armazenamento

U.R. (%)	Temp. (°C)	Equação**	R ²	P (%)
55	25	$U = 6,5374 + 0,1160t$	0,9601	6,37
	40	$U = 7,6033 + 0,1004t$	0,9860	1,93
83	25	$U = 7,4458 + 0,1006t$	0,9794	3,59
	40	$U = 8,3319 + 0,1050t$	0,9488	5,45

U - umidade (%); t - tempo (dia); (**) significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$)

Observa-se que o teor de umidade do figo-da-índia em pó armazenado em todas as condições de temperatura e umidade relativa, pode ser estimado por equações de regressão lineares com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,93 e desvios percentuais médios (P) inferiores a 10%. De maneira geral, e se analisando essas equações verifica-se para as duas condições de umidades relativas avaliadas que, quando as amostras são colocadas na temperatura de 40 °C existe uma tendência de que nesta temperatura o aumento da umidade com o tempo de armazenamento seja maior do que na temperatura de 25 °C. OLIVEIRA (2006), também utilizou equação linear para descrever o comportamento da umidade da pitanga em pó em função do tempo de armazenamento, para as amostras acondicionadas em embalagens laminadas, obtendo coeficiente de determinação de 0,8462.

4.4.2 – Atividade de água

Na Tabela 4.7 se apresentam os valores médios da atividade de água para o figo-da-índia em pó, armazenado em temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 57,57% e 53,17%, respectivamente. Durante os 100 dias de armazenamento houve um aumento de 15% na a_w das amostras submetidas a temperatura de 25 °C. Nas amostras que estavam em ambiente com temperatura de 40°C, o aumento da atividade de água foi maior de 26%. Esses valores se mostram inferiores ao encontrado por RAMOS et al. (2008) para o abacaxi desidratado, que foi de 0,54. Alimentos nessa faixa de atividade de água não oferecem condições favoráveis ao desenvolvimento de micro-organismos, evidenciando-se condições adequadas para o armazenamento no período estudado. As amostras armazenadas em temperatura de 40 °C apresentaram maior a_w já a partir dos 20 dias de armazenamento, mantendo valores maiores até os 100 dias.

Tabela 4.7 - Valores médios de atividade de água do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Atividade de água (a_w)	
	25 °C – UR = 57,57%	40 °C – UR = 53,17%
0	0,311 dA	0,311 dA
20	0,334 cB	0,351 cA
40	0,336 cB	0,360 bcA
60	0,346 bB	0,367 bA
80	0,346 bB	0,392 aA
100	0,358 aB	0,391 aA

MG = 0,3502; CV = 1,16%; DMS para colunas = 0,007; DMS para linhas = 0,010

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

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

Na Tabela 4.8 são apresentados os valores médios de atividade de água para o figo-da-índia em pó armazenado em temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 84,34 e 82,32%, respectivamente. Nas duas temperaturas de armazenamento as amostras tiveram as a_w aumentadas com o tempo, sendo que no pó armazenado a 40 °C se constataram maiores atividades de água em todos os tempos, a partir de 20 dias. Ao final do

armazenamento, as amostras sob temperatura de 25 °C tiveram a a_w aumentada em 21%. Nas amostras submetidas a uma temperatura de armazenamento de 40 °C, o aumento da atividade de água foi de 48% entre zero e 100 dias. Este movimento do vapor d'água de um alimento para o ambiente depende tanto do alimento (teor de umidade e composição) como das condições do ar (temperatura e umidade) (FELLOWS, 2006).

Comparando-se as a_w das amostras armazenadas na mesma temperatura, mas sob umidades relativas diferentes, constata-se que os aumentos das a_w aos 100 dias foram superiores nas umidades relativas de 84,34 e 82,32%; este fato era esperado, em razão de quanto maior a umidade relativa de equilíbrio maior a absorção de água pela amostra e, conseqüentemente, da atividade de água. Isto se deve à relação diretamente proporcional entre a umidade relativa e a atividade de água, de acordo com a equação de atividade de água mencionada em (ORDOÑEZ, 2005).

Tabela 4.8 - Valores médios de atividade de água do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dia)	Atividade de água (a_w)	
	25 °C – UR = 84,34%	40 °C – UR = 82,32%
0	0,311 eA	0,311 fA
20	0,327 dB	0,382 eA
40	0,323 dB	0,398 dA
60	0,344 eB	0,411 cA
80	0,358 bB	0,435 bA
100	0,377 aB	0,460 aA

MG = 0,370; CV = 1,06%; DMS para colunas = 0,007; DMS para linhas = 0,010

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

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

As amostras do figo-da-índia em pó armazenadas em todas as condições de temperatura e umidade relativa após os 100 dias de armazenamento tinham valores de atividade de água inferiores a 0,47, significando que as mesmas ainda se apresentavam em uma faixa segura de atividade de água. Segundo FELLOWS (2006), quase toda atividade microbiana é inibida abaixo da $a_w = 0,6$.

Nas Tabelas A.19 a A.22 (Apêndice A) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais dos dados de atividade de água do figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de temperatura e umidade relativa analisadas. Na Tabela 4.9 tem-se as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais da atividade de água em função do tempo de armazenamento, para o figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagens laminadas e armazenado em ambientes com umidades relativas médias de 55 e 83% e temperaturas de 25 e 40 °C. Verifica-se, para a temperatura de 25 °C com umidade média de 55%, que a equação de quinto grau resultou no maior R^2 e também no maior P, devendo-se evitar seu uso em razão do valor de P ter sido superior a 10%. As equações linear, quadrática, cúbica e de quarto grau se ajustaram bem aos dados experimentais podendo-se usar qualquer uma na estimativa da atividade de água para essas condições de temperatura e umidade relativa; já para a temperatura de 40 °C, a equação que melhor se ajustou aos dados foi a de quarto grau, apresentando o maior coeficiente de determinação de 0,9965, mas a equação linear e quadrática também podem ser usadas para predizer os dados de atividade de água.

Das equações propostas para cálculo da atividade de água das amostras armazenadas em ambiente com temperatura de 25 °C e umidade relativa média de 83%, verifica-se que a equação de quinto grau apresentou os maiores R^2 e $P > 10\%$, devendo-se evitar o uso da mesma para estimar os dados de atividade de água. As demais equações (linear, quadrática, cúbica e de quarto grau) testadas apresentaram $R^2 > 0,90$ e $P < 10\%$; desta forma, pode-se utilizar qualquer uma para estimar os dados com a maior precisão, quando aplicada a equação de quarto grau. A equação linear foi a que apresentou o menor coeficiente de determinação nesta condição; já para a temperatura de 40 °C, a equação que melhor se ajustou foi a de quarto grau, apresentando o mais elevado coeficiente de determinação e o menor P, mas as equações linear, quadrática e cúbica também podem ser usadas para estimar os dados em razão de terem apresentado $R^2 > 0,9$ e $P < 10\%$. GARCIA (2010) utilizou equações quadráticas para representar os dados da atividade de água em função do tempo de torra dos farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, obtendo R^2 de 0,9259, 0,8656 e 0,8722, respectivamente.

De maneira geral, todas as equações avaliadas podem ser usadas para estimar os dados da atividade de água em função do tempo de armazenamento em razão de terem apresentado $R^2 > 0,87$ e $P < 10\%$, exceto as de quinto grau que apresentaram $P > 10\%$.

Confirma-se, por meio das equações lineares, a tendência de aumento da atividade de água com o tempo de armazenamento, em todas as condições avaliadas de temperatura e umidade relativa.

Tabela 4.9 - Equações de regressão propostas para o cálculo da atividade de água do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento

U.R. Temp (%) (°C)	Equação**	R ²	P (%)
	$a_w = 0,3185 + 0,0004t$	0,8794	1,27
	$a_w = 0,3147 + 0,0007t - 0,000003t^2$	0,9176	1,05
25	$a_w = 0,3117 + 0,0014t - 0,00002t^2 + 0,0000001t^3$	0,9713	0,80
	$a_w = 0,3114 + 0,0016t - 0,00004t^2 + 0,0000004t^3 - 0,000000001t^4$	0,9735	1,42
55	$a_w = 0,3110 + 0,0038t - 0,0002t^2 + 0,000005t^3 - 0,00000006t^4 + 0,0000000002t^5$	0,9999	47,06
	$a_w = 0,3243 + 0,0008t$	0,8902	2,40
40	$a_w = 0,3158 + 0,0014t - 0,000006t^2$	0,9444	1,65
	$a_w = 0,3107 + 0,0041t - 0,00014t^2 + 0,000002t^3 - 0,000000009t^4$	0,9965	1,85
	$a_w = 0,3080 + 0,0006t$	0,9355	1,50
	$a_w = 0,3134 + 0,0002t + 0,00004t^2$	0,9669	1,29
	$a_w = 0,3127 + 0,00039t - 0,0000002t^2 + 0,00000002t^3$	0,9680	1,51
25	$a_w = 0,3115 + 0,0014t - 0,00006t^2 + 0,0000009t^3 - 0,000000004t^4$	0,9820	3,65
83	$a_w = 0,3110 + 0,0041t - 0,0003t^2 + 0,000008t^3 - 0,00000008t^4 + 0,0000000003t^5$	0,9999	26,20
	$a_w = 0,3340 + 0,0013t$	0,9100	2,99
	$a_w = 0,3223 + 0,0022t - 0,000008t^2$	0,9444	2,58
40	$a_w = 0,3133 + 0,0042t - 0,00006t^2 + 0,0000004t^3$	0,9888	5,90
	$a_w = 0,3110 + 0,0062t - 0,00017t^2 + 0,000002t^3 - 0,000000008t^4$	0,9999	2,46

a_w = atividade de água (adimensional); t = tempo (dia); (**) significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01)

4.4.3 – Açúcares redutores

Na Tabela 4.10 se apresentam os valores médios do teor de açúcares redutores da do figo-da-índia em pó, desidratado a 90 °C, acondicionado em embalagens flexíveis laminadas e armazenado durante 100 dias, em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 57,57 e 53,17%, respectivamente.

Tabela 4.10 - Valores médios dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% glicose)	
	25 °C – UR = 57,57%	40 °C – UR = 53,17%
0	39,0685 aA	39,0685 aA
20	39,5411 aA	33,4589 bB
40	34,4327 bA	31,8476 bB
60	39,3692 aA	38,3177 aA
80	35,4853 bA	32,8862 bB
100	29,3208 cB	32,1566 bA

MG = 35,4128% glicose; CV = 3,01%; DMS para colunas = 2,6889; DMS para linhas = 1,7967

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

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

Observa-se, em ambas as temperaturas, tendência de redução no teor de açúcares redutores com o tempo de armazenamento, sem que se tenha definição em qual temperatura houve maior redução, uma vez que as amostras a 40 °C apresentaram maior teor aos 100 dias mas teores menores em tempos intermediários. Na temperatura de 25 °C açúcares redutores mostraram redução de 25% ao final dos 100 dias de armazenamento; também na temperatura de 40 °C ocorreu redução que, neste caso, foi de 18%, e pode estar relacionada com o aumento do teor de umidade. SOARES et al. (2001), estudaram o armazenamento da acerola em pó desidratada pelo mesmo processo e constataram redução no teor de açúcares redutores ao longo de 90 dias de armazenamento, apresentando um valor final de 38,37% glicose. A redução no teor de açúcares redutores pode ser atribuída a sua diluição, em razão do aumento do teor de umidade.

Na Tabela 4.11 são apresentados os teores médios de açúcares redutores do figo-da-índia em pó, desidratado a 90 °C, acondicionado em embalagens flexíveis laminadas e armazenado pelo período de 100 dias, em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 84,34 e 82,32%, respectivamente.

Tabela 4.11 - Valores médios dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dia)	Açúcares redutores (% glicose)	
	25 °C – UR = 84,34%	40 °C – UR = 82,32%
0	39,0685 aA	39,0682 aA
20	36,2200 bA	34,6848 bB
40	34,0712 cA	34,0305 bA
60	35,7078 bcB	39,1527 aA
80	35,4003 bcA	31,6487 cB
100	35,0282 bcA	31,1480 cB

MG = 35,4357% glicose; CV = 1,96%; DMS para colunas = 1,7492; DMS para linhas = 1,1688

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

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

Notou-se, na temperatura de 25 °C, redução de 10% do teor de açúcares redutores do início ao final do armazenamento e na temperatura de 40 °C, redução de 20% no período. GALDINO et al. (2003) observaram, durante estudo realizado com a polpa de umbu em pó acondicionada em embalagens laminadas e de polietileno e armazenadas em temperatura ambiente, que os percentuais de redução dos açúcares redutores foram de 62,07 e 63,63%, respectivamente. Tal como ocorrido com as amostras armazenadas em umidade relativa média de 55% (Tabela 4.10), as amostras armazenadas nas temperaturas de 25 e de 40 °C passaram por reduções nos açúcares redutores ao longo do armazenamento, demonstrando alterações com o tempo. De maneira geral, na temperatura de 40 °C os teores de açúcares redutores apresentaram reduções maiores que na temperatura de 25 °C. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por PEREIRA et al. (2006), onde verificaram que durante o estudo de armazenamento do tomate em pó os teores de açúcares redutores apresentaram redução entre os dez e vinte dias, estabilizando-se a partir de então.

Nas Tabelas A.23 a A.26 (Apêndice A) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de temperatura e umidade relativa analisadas.

Na Tabela 4.12 se apresentam as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais dos açúcares redutores, em função do tempo de armazenamento, para o figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagens laminadas e armazenado em ambientes com umidades relativas médias de 55 e 83% e temperaturas de 25 e 40 °C. Observa-se que a equação polinomial de quinto grau foi a que apresentou os maiores R^2 em todas as condições estudadas; entretanto, os valores de P foram todos superiores a 10%. com o mais elevado coeficiente de determinação (R^2). Observa-se, ainda, que para todas as condições de armazenamento a equação linear apresentou coeficientes de determinação muito baixos, significando que não se ajustou bem aos dados experimentais. Diferentemente, VILA et al. (2007), constataram que a análise de regressão evidenciou um aumento linear no teor de açúcares redutores (AR) de goiaba 'Pedro Sato' com o tempo de armazenamento para todos os tratamentos avaliados.

Para a amostra armazenada na UR = 55% e temperaturas de 25 e 40 °C, todas as equações testadas apresentaram ajustes ruins, não devendo ser utilizada nenhuma na estimativa dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó com o tempo de armazenamento; para a amostra armazenada na UR = 83% e temperatura de 25 e 40 °C, apenas a equação de terceiro grau na temperatura de 25 °C pode ser usada na estimativa dos açúcares redutores; as demais devem ser evitadas.

Tabela 4.12 - Equações de regressão propostas para o cálculo dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó em pó, em função do tempo de armazenamento

U.R. Temp. (%) (°C)	Equação	R ²	P (%)
	$AR = 40,2007 - 0,0799t^{**}$	0,5566	6,23
	$AR = 38,5170 + 0,0463t - 0,0013t^2^{**}$	0,6751	4,74
25	$AR = 39,6307 - 0,2080t + 0,0057t^2 - 0,00005t^3^{**}$	0,7862	6,31
	$AR = 39,3062 + 0,0624t - 0,0088t^2 + 0,0002t^3 - 0,000001t^4^{**}$	0,8229	25,81
55	$AR = 39,0685 + 1,4537t - 0,1284t^2 + 0,0036t^3 - 0,00004t^4 + 0,0000002t^5^{**}$	1,0000	361,7 5
	$AR = 36,7516 - 0,0426t^{**}$	0,2461	6,07
	$AR = 38,8620 - 0,4412t + 0,0102t^2 - 0,00006t^3^{**}$	0,6084	7,12
40	$AR = 39,3092 - 0,8138t + 0,0302t^2 - 0,0004t^3 + 0,000002t^4^*$	0,7170	22,66
	$AR = 39,0685 + 0,5950t - 0,0909t^2 + 0,0030t^3 - 0,00004t^4 + 0,0000001t^5^{**}$	1,0000	99,29
	$AR = 37,4177 - 0,0300t^{**}$	0,4345	2,54
	$AR = 38,5931 - 0,1182t + 0,0009t^2^{**}$	0,7540	2,02
25	$AR = 39,1767 - 0,2514t + 0,0045t^2 - 0,00002t^3^{**}$	0,9227	3,79
	$AR = 39,0685 + 0,1659t - 0,0302t^2 + 0,0009t^3 - 0,00001t^4 + 0,00000004t^5^{**}$	1,0000	12,3
83	$AR = 38,0688 - 0,0623t^{**}$	0,4457	5,40
	$AR = 38,6723 - 0,2729t + 0,0064t^2 - 0,00004t^3^{**}$	0,5958	7,52
40	$AR = 39,3002 - 0,7962t + 0,0345t^2 - 0,0005t^3 + 0,000002t^4^{**}$	0,7771	22,94
	$AR = 39,0682 + 0,5622t - 0,0822t^2 + 0,0028t^3 - 0,00004t^4 + 0,0000002t^5^{**}$	1,0000	46,97

AR = açúcares redutores (% glicose); t = tempo (dia); (**) significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$)

4.4.4 – Acidez total titulável

Na Tabela 4.13 estão os valores médios de acidez total titulável do figo-da-índia em pó armazenado 80 dias em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 57,57 e 53,17%, respectivamente. No início do armazenamento o pó apresentou valor de acidez inferior ao encontrado por SOARES et al. (2001) para o pó de acerola obtido também pelo processo de secagem em camada de espuma, que foi de 10,24% de ácido cítrico e superior ao encontrado por OLIVEIRA et al. (2006) para a polpa de pitanga em pó desidratada em secador por aspersão, que foi de 0,73% de ácido cítrico. Observa-se que em ambas as temperaturas a acidez diminuiu entre o início e os 20 dias de armazenamento. A partir de 20 dias não ocorrem mais reduções e a acidez se manteve estatisticamente estável até o final dos 80 dias, nas duas temperaturas estudadas. GALDINO et al. (2003) observaram o mesmo comportamento para o umbu em pó obtido pelo mesmo processo de secagem em camada de espuma, colocado em embalagens laminadas e de polietileno e armazenado por sessenta dias sob temperatura ambiente. Entre o início do armazenamento e o tempo final (80 dias) a redução da amostra armazenada a 25 °C e UR = 57,57% foi de 8,8% e da amostra armazenada a 40 °C e UR = 53,17% foi de 5,6%. A acidez é influenciada pelo tempo e condições de armazenamento; as principais variáveis que a afetam, são: temperatura, umidade relativa, luz, características do produto e tipo de embalagem, dentre outros fatores.

Tabela 4.13 - Valores médios de acidez total titulável do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
	25 °C – UR = 57,57%	40 °C – UR = 53,17%
0	1,2454 aA	1,2454 aA
20	1,1220 bB	1,1873 bA
40	1,1280 bB	1,1960 bA
60	1,1338 bB	1,1917 bA
80	1,1357 bB	1,1756 bA

MG = 1,1761% ácido cítrico; CV = 1,17%; DMS para colunas = 0,0337; DMS para linhas = 0,0234

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

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

Na Tabela 4.14 se apresentam os valores médios de acidez total titulável do figo-da-índia em pó, armazenado por um período de 80 dias em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 84,34 e 82,32%, respectivamente. Verifica-se, nas duas temperaturas de armazenamento, um comportamento semelhante da acidez das amostras com redução entre zero e 20 dias e tendência de estabilidade a partir de então. Pode-se observar, ainda, que os valores da acidez não apresentaram diferenças significativas entre as temperaturas para o mesmo tempo de armazenamento. PEREIRA et al. (2006), estudando a estabilidade do tomate em pó embalado em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenado durante sessenta dias em temperatura ambiente, relataram estabilidade nos valores da acidez, durante o período.

Entre o início do armazenamento e o tempo final (80 dias) a redução da amostra armazenada a 25 °C e UR = 84,34% foi de 5,1% e da amostra armazenada a 40 °C e UR = 82,32% foi de 5,2%.

Tabela 4.14 - Valores médios de acidez total titulável do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dia)	Acidez total titulável (% ácido cítrico)	
	25 °C – UR = 84,34%	40 °C – UR = 82,32%
0	1,2454 aA	1,2454 aA
20	1,1839 bA	1,1837 bA
40	1,1876 bA	1,1909 bA
60	1,1536 cB	1,1751 bA
80	1,1820 bA	1,1811 bA

MG = 1,1928% ácido cítrico; CV = 0,63%; DMS para colunas = 0,0183; DMS para linhas = 0,0128

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

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

Nas Tabelas A.27 a A.30 (Apêndice A) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da acidez total titulável do figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de temperatura e umidade relativa analisadas.

Na Tabela 4.15 se apresentam as equações de regressão testadas para estimar a acidez total titulável do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada.

Tabela 4.15 - Equações de regressão propostas para o cálculo da acidez total titulável do figo-da-índia em pó em função do tempo de armazenamento

U.R. Temp. (%) (°C)	Equação	R ²	P (%)
	ATT = 1,1945 - 0,0010t **	0,3994	2,61
25	ATT = 1,2303 - 0,0046t + 0,00004t ² **	0,8145	2,07
55	ATT = 1,2436 - 0,0094t + 0,0002t ² - 0,000001t ³ **	0,9790	3,27
	ATT = 1,2263 - 0,0007t **	0,6308	0,98
40	ATT = 1,2364 - 0,0017t + 0,00001t ² *	0,7550	1,21
	ATT = 1,2442 - 0,0045t + 0,0001t ² - 0,0000008t ³ *	0,9678	1,96
	ATT = 1,2219 - 0,0008t **	0,5483	1,55
25	ATT = 1,2423 - 0,0028t + 0,00002t ² **	0,8693	1,38
	ATT = 1,2454 - 0,0090t + 0,0004t ² - 0,000009t ³ + 0,00000005t ⁴ **	1,0000	18,62
83	ATT = 1,2227 - 0,0007t **	0,5750	1,19
	ATT = 1,2387 - 0,0023t + 0,00002t ² **	0,8502	0,67
40	ATT = 1,2435 - 0,0040t + 0,00008t ² - 0,0000005t ³ *	0,9180	0,52
	ATT = 1,2454 - 0,0081t + 0,0004t ² - 0,000006t ³ + 0,00000004t ⁴ *	1,0000	15,19

ATT = acidez total titulável (% ácido cítrico); t = tempo (dia); (**) significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01); (*) significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05)

Para as amostras mantidas em temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%, observa-se que as equações cúbicas, apresentaram o melhor ajuste aos dados experimentais, obtendo-se coeficientes de determinação de 0,9790 e 0,9678, respectivamente, e desvios percentuais médios (P) menores que 10%; constata-se ainda, na temperatura de 25 °C, que a equação linear apresentou baixo coeficiente de determinação para a mesma UR, entretanto, a equação de segundo grau também pode ser utilizada para

estimar os dados; já na temperatura de 40 °C deve-se evitar o uso das equações linear e quadrática, em razão de apresentarem $R^2 < 0,8$.

Já nas amostras que se encontravam em ambiente com umidade relativa média de 83% na temperatura de 25 °C, observa-se que a equação quadrática é a única que pode ser usada para estimar os dados de acidez, a equação linear não deve ser usada em razão do baixo R^2 ($<< 0,8$) e a equação de quarto grau em razão do alto valor de P ($> 10\%$); e na temperatura de 40 °C as equações quadrática e cúbica podem ser usadas para estimar a acidez mas se deve evitar o uso da equação linear ($R^2 << 0,8$) e da equação de quarto grau ($P > 10\%$). Segundo SILVA et al. (2005) as equações de quarto grau representaram bem o comportamento da acidez em função do armazenamento para o umbu-cajá em pó, durante sessenta dias de armazenamento em embalagens de polietileno e laminada, quando apresentaram coeficientes de determinação de 0,9336 e 0,8370, respectivamente.

4.4.5 – Cor

4.4.5.1 – Luminosidade

Na Tabela 4.16 se encontram os valores médios de luminosidade do figo-da-índia em pó armazenado 100 dias em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 57,57 e 53,17%, respectivamente.

Tabela 4.16 - Valores médios da luminosidade (L^*) do figo-da-índia em pó durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L^*)	
	25 °C – UR = 57,57%	40 °C – UR = 53,17%
0	64,11 aA	64,11 aA
20	62,46 aA	56,97 bB
40	62,63 aA	53,80 cB
60	62,31 aA	53,28 cB
80	62,71 aA	49,35 dB
100	63,90 aA	46,68 eB

MG = 58,53; CV = 1,54%; DMS para colunas = 2,28; DMS para linhas = 1.52

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

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

Observa-se a manutenção da luminosidade nas amostras a 25 °C durante todo o período estudado. Na temperatura de 40 °C os valores de luminosidade foram reduzidos, demonstrando escurecimento progressivo das amostras com o tempo, atingindo um percentual de redução de 27,2% ao final dos 100 dias, com relação ao tempo inicial. FIGUEIREDO et al. (2005), ao estudarem a cor no pó de acerola e acompanharem as alterações nesta propriedade em amostras armazenadas sob temperaturas e umidades relativas controladas, verificaram que nas amostras armazenadas em ambiente com umidade relativa de 52,89%, também houve diminuição da luminosidade, ao final de trinta dias de armazenamento.

Constata-se que nos tempos de armazenamento dos 20 aos 100 dias, os valores da luminosidade das amostras expostas a temperatura de 25 °C foram superiores aos da temperatura de 40 °C, indicando a influência da temperatura sobre a luminosidade.

Na Tabela 4.17 se apresentam os valores médios de luminosidade do figo-da-índia em pó armazenado durante 100 dias em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 84,34 e 82,32%, respectivamente.

Tabela 4.17 - Valores médios de luminosidade (L^*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dia)	Luminosidade (L^*)	
	25 °C – UR = 84,34%	40 °C – UR = 82,32%
0	64,11 aA	64,11 aA
20	62,12 abA	59,04 bB
40	64,05 aA	53,80 cB
60	62,60 abA	50,07 dB
80	62,06 abA	46,52 eB
100	61,20 bA	44,95 eB

MG = 57,88611; CV = 1,56%; DMS para colunas = 2,2724; DMS para linhas = 1,5184

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

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

Assim como ocorreu na umidade relativa média de 55%, as amostras armazenadas a 25 °C praticamente mantiveram a luminosidade ao longo dos 100 dias, enquanto as amostras sob temperatura de 40 °C foram escurecendo com o tempo, atingindo um

percentual de redução da luminosidade no final do armazenamento em relação ao início, de 29,89%. RAMOS et al. (2008), observaram durante estudo realizado com fatias de abacaxi desidratado, ocorrência da diminuição de luminosidade, com escurecimento ao longo de setenta e cinco dias de armazenamento em temperatura ambiente.

Verifica-se que nos tempos de armazenamento dos 20 aos 100 dias, os valores da luminosidade das amostras armazenadas na temperatura de 25 °C foram superiores aos da temperatura de 40 °C, indicando também, como verificado para as amostras na umidade relativa média de 55%, a influência da temperatura sobre a luminosidade.

Nas Tabelas A.31 a A.34 (Apêndice A) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da luminosidade do figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de temperatura e umidade relativa analisadas.

Na Tabela 4.18 se apresentam as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais de luminosidade (L^*) em função do tempo de armazenamento, para o figo da índia em pó acondicionado em embalagens laminadas e armazenado em ambientes com umidade relativa média de 55 e 83% e temperaturas de 25 e 40 °C. Constata-se, na umidade relativa média de 55% e temperatura de 25 °C, que a equação quadrática se ajustou de forma satisfatória aos dados de luminosidade, apresentando coeficiente de determinação de 0,9005 e desvio percentual médio (P) menor que 10%; já para a temperatura de 40 °C, na mesma faixa de umidade relativa a equação de quarto grau apresentou o maior coeficiente de determinação (0,9948); entretanto, a mesma foi significativa a 5% de probabilidade, enquanto a equação de terceiro grau foi significativa a 1% de probabilidade e com o valor de P menor devendo-se, desta forma, dar-se preferência à equação cúbica, por apresentar maior precisão. Ainda, nesta condição se constata que as equações linear e quadrática podem ser usadas para estimar os dados de luminosidade ($R^2 > 0,9$ e $P < 10\%$).

Para as amostras que se encontravam em ambientes com umidade relativa média de 83% na temperatura de 25 °C, verifica-se que nenhuma equação testada deve ser usada em razão de a equação linear ter apresentado $R^2 < 0,8$ e as equações de quarto e quinto graus terem resultado em valores de $P > 10\%$. Para as amostras colocadas em umidade relativa média de 83% e na temperatura de 40 °C, a equação que melhor se ajustou aos dados experimentais foi a quadrática, mas a equação linear ($R^2 > 0,9$ e $P < 10\%$) também pode ser usada na estimativa dos dados de luminosidade. RAMOS et al. (2008), obtiveram coeficiente de determinação (0,48) muito baixo, ao ajustarem a equação linear aos dados

experimentais da luminosidade, em função do tempo de armazenamento para as fatias de abacaxis desidratadas acondicionadas com polietileno com folha de alumínio.

Tabela 4.18 - Equações de regressão propostas para o cálculo da luminosidade (L^*) do figo da índia em pó em função do tempo de armazenamento

U.R. Temp. (%) (°C)	Equação	R ²	P (%)
25	$L = 63,9673 - 0,0684t + 0,0007t^2$ *	0,9005	0,40
	$L = 61,9289 - 0,1580t$ **	0,9342	2,13
55 40	$L = 63,0808 - 0,2443t + 0,0008t^2$ **	0,9581	1,83
	$L = 63,9618 - 0,4454t + 0,0064t^2 - 0,00004t^3$ **	0,9880	2,00
	$L = 64,1758 - 0,6238t + 0,0159t^2 - 0,0002t^3 + 0,0000008t^4$ *	0,9948	3,93
	$L = 63,8455 - 0,0231t$ **	0,5480	0,85
25	$L = 64,0418 - 0,2376t + 0,0109t^2 - 0,0002t^3 + 0,0000008t^4$ *	0,8283	15,70
83	$L = 64,1099 - 0,6365t + 0,0452t^2 - 0,0011t^3 + 0,00001t^4 - 0,00000004t^5$ *	0,9999	45,50
	$L = 62,8738 - 0,1958t$ **	0,9730	1,95
40	$L = 64,3196 - 0,3043t + 0,0011t^2$ **	0,9985	0,41

L = luminosidade (L^*); t = tempo (dia); * significativo a 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$); ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0.01$).

4.4.5.2 – Intensidade de vermelho (+a*)

Na Tabela 4.19 se encontram os valores médios de intensidade de vermelho do figo-da-índia em pó armazenado por 100 dias em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 57,57 e 53,17%, respectivamente. No armazenamento a 25 °C e a 40 °C, a intensidade de vermelho das amostras aumentou com o tempo, indicando um aumento desse matiz na composição da cor das amostras, este aumento no final do armazenamento em relação ao início do armazenamento, foi de 17,45% e de 76,73%, respectivamente, significando que as amostras se tornaram mais vermelhas. Resultado

semelhante ao encontrado por SILVA et al. (2005) para oambu-cajá em pó acondicionado em embalagens de polietileno, ao verificarem aumento da intensidade de vermelho entre o início e o décimo dia de armazenamento das amostras armazenadas em temperatura ambiente. As amostras a 40 °C demonstraram valores de intensidade de vermelho maiores que nas amostras armazenadas a 25 °C, dos 20 dias até os 100 dias, significando que houve influência da temperatura sobre este parâmetro. Segundo GOMES et al. (2004), o aumento da intensidade de vermelho associado à redução da laminosidade, está relacionado a processos de escurecimento da amostra. A taxa de escurecimento em produtos de frutas armazenados, depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem e aumenta consideravelmente quando o teor de umidade do produto é maior que 4 a 5% e sob temperaturas de estocagem acima de 38 °C (FELLOWS, 2006).

Tabela 4.19 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	25 °C – UR = 57,57%	40 °C – UR = 53,17%
0	10,83 cA	10,83 fA
20	11,76 bB	14,87 eA
40	11,71 bB	16,86 dA
60	11,94 bB	17,70 cA
80	12,49 aB	18,62 bA
100	12,72 aB	19,14 aA

MG = 14,12; CV = 1,20%; DMS para colunas = 0,43; DMS para linhas = 0,29

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

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

A Tabela 4.20 apresenta os valores médios de intensidade de vermelho da formulação em pó de figo-da-índia armazenada pelo período de 100 dias, em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 84,34% e 82,32%, respectivamente.

Repetindo o ocorrido com as amostras na umidade relativa média de 55%, o armazenamento a 25 e a 40 °C provocou aumentos na intensidade de vermelho das amostras, sendo que na temperatura de 40 °C os aumentos foram estatisticamente maiores

que na temperatura de 25 °C, atingindo percentuais de aumento no final do armazenamento em relação ao início de 23,63 e 79,32%, respectivamente. O aumento do valor da tonalidade de vermelho (+a*) significa que o produto se tornou mais vermelho, comportamento semelhante ao ocorrido para as amostras armazenadas com umidade relativa média de 55%. Este comportamento se assemelha ao observado por CARDOSO (2008), quando armazenou geleia de jambo sem casca acondicionada em copos de vidro durante 167 dias nas temperaturas de 25 e 35 °C, tendo verificado aumento da intensidade de vermelho dos 66º aos 167º dias.

Tabela 4.20 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de vermelho (+a*)	
	25 °C – UR= 84,34%	40 °C – UR= 82,32%
0	10,83 cA	10,83 eA
20	11,70 bcB	14,00 dA
40	11,59 bcB	16,88 cA
60	12,41 abB	18,05 bcA
80	12,96 aB	18,72 abA
100	13,39 aB	19,42 aA

MG = 14,23 ; CV = 3,33%; DMS para colunas = 1,20; DMS para linhas = 0,80

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

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

As amostras a 40 °C apresentaram valores de intensidade de vermelho maiores do que nas amostras armazenadas a 25 °C, dos 20 dias até os 100 dias, significando que também houve influência da temperatura e da umidade relativa sobre este parâmetro. Com isto as amostras armazenadas a 40 °C eram mais vermelhas que as amostras armazenadas a 25 °C.

Nas Tabelas A.35 a A.38 (Apêndice A) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da intensidade de vermelho do figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de temperatura e umidade relativa analisadas.

Na Tabela 4.21 se apresentam equações de regressão ajustadas aos dados experimentais da intensidade de vermelho (+a*), do figo da índia em pó acondicionado em embalagens laminadas, em função do tempo de armazenamento em ambientes com umidade relativa média de 55 e 83% e temperaturas de 25 e 40 °C.

Tabela 4.21 - Equações de regressão propostas para o cálculo da intensidade de vermelho (+a*) do figo da índia em pó em função do tempo de armazenamento

U.R. Temp. (%) (°C)	Equação	R ²	P (%)
	+ a* = 11,0609 + 0,0169t **	0,9053	1,24
25	+ a* = 10,8319 + 0,1003t - 0,0037t ² + 0,00005t ³ * - 0,0000002 t ⁴	0,9996	2,09
	+ a* = 12,5055 + 0,0766t **	0,8618	6,26
	+ a* = 11,2006 + 0,1745t - 0,0010t ² **	0,9818	2,39
55	+ a* = 10,8707 + 0,2498t - 0,0030t ² + 0,00001t ³ **	0,9982	5,33
40	+ a* = 10,8217 + 0,2906t - 0,0052t ² + 0,00005t ³ ** - 0,0000002 t ⁴	0,9996	1,64
	+ a* = 10,8299 + 0,2424t - 0,0011t ² - 0,00007t ³ + 0,000001t ⁴ - 0,000000005t ⁵ *	0,9999	21,9 0
25	+ a* = 10,9049 + 0,0248t **	0,9573	1,08
83	+ a* = 12,1535 + 0,0832t **	0,8953	5,45
40	+ a* = 10,8918 + 0,1779t - 0,0009t ² **	0,9940	2,54

+a* = intensidade de vermelho; t = tempo (dia); ** significativo a 1% de probabilidade (p < 0,01); * significativo a 5% de probabilidade (0,01 ≤ p < 0,05).

Constata-se, para as amostras armazenadas a 25 °C e com umidade relativa média de 55%, que apenas as equações linear e de quarto grau foram significativas pelo teste F apresentando R² > 0,95; deve-se porém, dar preferência ao uso da equação linear na estimativa dos dados da intensidade de vermelho em razão desta equação ter sido significativa a 1% de probabilidade; portanto, com grau de exigência maior.

Observa-se, para as condições de armazenamento com temperatura de 40 °C e umidade relativa média de 55%, que todas as equações apresentaram $R^2 > 0,85$ podendo-se utilizar qualquer uma delas na estimativa da intensidade de vermelho, exceto a equação de quinto grau, que apresentou um valor de $P > 10\%$. Com isto, verifica-se que a equação de quarto grau apresentou o segundo maior coeficiente de determinação (0,9996) e o menor desvio percentual médio (1,64%), sendo considerada a melhor equação para estimar os dados da intensidade de vermelho para esta condição.

Para as amostras armazenadas na temperatura de 25 °C com umidade relativa média de 83%, verifica-se que apenas a equação linear foi significativa com $R^2 > 0,9$ e $P < 10\%$, podendo ser usada na estimativa da intensidade de vermelho; já para as amostras armazenadas com a mesma umidade relativa média e na temperatura de 40 °C, observa-se que as equações linear e quadrática podem ser usadas na predição deste parâmetro, com maior precisão para a equação quadrática, em razão de ter apresentado maior R^2 e menor P . GARCIA (2010) utilizou equações quadráticas para representar os dados da luminosidade em função do tempo de torra dos farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, obtendo R^2 de 0,9884, 0,9533 e 0,9827, respectivamente.

4.4.5.3 – Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela 4.22 se apresentam os valores médios da intensidade de amarelo do figo-da-índia em pó armazenado 100 dias em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 57,57% e 53,17%, respectivamente. As amostras estocadas a 25 °C mantiveram a intensidade de amarelo ao longo do armazenamento enquanto as amostras a 40 °C apresentaram redução nos valores da intensidade de amarelo com o tempo atingindo um percentual de redução de 17,31% no final do armazenamento, em relação ao início. Esta redução no valor de +b* significa que as amostras se tornaram menos amarelas com o tempo de armazenamento. ENDO et al. (2007) também observaram redução nos valores deste parâmetro para o suco de maracujá desidratado em secador por aspersão (spray dryer) e acondicionado em embalagens de polipropileno biorientado, metalizado e armazenado a uma temperatura de 40 °C.

Comparando-se os valores da intensidade de amarelo dentro de cada tempo, verifica-se que as amostras armazenadas a 25 °C apresentaram os maiores valores dos 20 aos 100 dias de armazenamento, demonstrando a influência da temperatura de armazenamento sobre este parâmetro. Este mesmo comportamento foi observado por

GOMES et al. (2004) ao estudarem o armazenamento, durante 60 dias, do pó de acerola embalado em sacos de polietileno e estocado a temperatura e umidade relativa ambiente.

Tabela 4.22 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 55%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	25 °C – UR = 57,57%	40 °C – UR = 53,17%
0	53,14 aA	53,14 aA
20	52,66 aA	50,92 bB
40	53,03 aA	48,59 cB
60	53,13 aA	48,17 cB
80	53,43 aA	45,75 dB
100	53,23 aA	43,94 eB

MG = 50,76; CV = 0,83%; DMS para colunas = 1,06; DMS para linhas = 0,71

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

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

A Tabela 4.23 apresenta os valores médios de intensidade de amarelo do figo-da-índia em pó armazenado pelo período de 100 dias, em ambientes com temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 84,34% e 82,32%, respectivamente.

Observa-se que a intensidade de amarelo foi mantida durante o período de armazenamento a 25 °C e diminuiu a 40 °C. A redução da intensidade de amarelo significa que ela se tornou menos amarela. Considerando o aumento da intensidade de vermelho para as mesmas amostras, tem-se um aumento na saturação do vermelho, indicando alteração na cor das amostras na direção deste matiz. OLIVEIRA et al. (2006), estudando a cor no pó de pitanga durante o armazenamento, observaram predominância da intensidade de vermelho sobre a intensidade de amarelo.

Tabela 4.23 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do figo-da-índia em pó, durante o armazenamento a 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

Tempo de armazenamento (dia)	Intensidade de amarelo (+b*)	
	25 °C – UR= 84,34%	40 °C – UR= 82,32%
0	53,14 aA	53,14 aA
20	52,23 aA	51,65 bA
40	53,07 aA	48,59 cB
60	53,23 aA	46,36 dB
80	53,33 aA	43,89 eB
100	53,09 aA	43,12 eB

MG = 50,40; CV = 0,95%; DMS para colunas = 1,21; DMS para linhas = 0,81

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

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

Compurando-se os valores da intensidade de amarelo dentro de cada tempo, verifica-se que as amostras armazenadas a 25 °C também apresentaram os maiores valores dos 40 aos 100 dias de armazenamento, demonstrando a influência da temperatura de armazenamento sobre este parâmetro. MOURA et al. (2007) verificaram, durante estudo realizado com maçã-passa armazenada em condições controladas, que os valores da intensidade de amarelo permaneceram praticamente os mesmos em relação ao aumento da temperatura, ao longo do tempo.

Nas Tabelas A.39 a A.42 (Apêndice A) tem-se as análises de variância das regressões polinomiais dos dados da intensidade de amarelo do figo-da-índia em pó, acondicionado em embalagem laminada, em função do tempo de armazenamento, para as diferentes condições de temperatura e umidade relativa analisadas.

Na Tabela 4.24 se apresentam as equações de regressão ajustadas aos dados experimentais da intensidade de amarelo (+b*) em função do tempo de armazenamento, para o figo da índia em pó acondicionado em embalagens laminadas e armazenado em ambientes com umidade relativa média de 55 e 83% e temperaturas de 25 e 40 °C.

Para as amostras armazenadas na temperatura de 25 °C com umidade relativa média de 55%, não houve efeito significativo da intensidade de amarelo com o tempo de armazenamento. Verifica-se, para as amostras armazenadas na temperatura de 40 °C, com umidade relativa média de 55%, que as equações linear, cúbica e de quarto graus, podem

ser usadas para estimar os dados da intensidade de amarelo, em razão de terem apresentado $R^2 > 0,9$ e $P < 10\%$, com maior precisão para os dados estimados com a equação de quinto grau por ter resultado no maior valor de R^2 .

Tabela 4.24 - Equações de regressão propostas para o cálculo da intensidade de amarelo (+b*) do figo da índia em pó, em função do tempo de armazenamento

U.R. Temp. (%) (°C)	Equação	R ²	P (%)
25	-	-	-
	+ b* = 52,9351 - 0,0919t **	0,9800	0,78
55	+ b* = 53,1841 - 0,1555t + 0,0018t ² - 0,00001t ³ **	0,9904	1,63
40	+ b* = 53,1400 + 0,1210t - 0,0221t ² + 0,0007t ³ - 0,000008t ⁴ + 0,00000003t ⁵	0,9999	3,77
	**		
	+ b* = 52,7232 + 0,0053t *	0,1821	059
25	+ b* = 53,0264 - 0,0591t + 0,0017t ² + 0,00001t ³ **	0,6817	0,87
83	+ b* = 53,1211 - 0,1381t + 0,0060t ² - 0,00008t ³ + 0,0000003t ⁴ *	0,9163	1,83
	+ b* = 53,1913 - 0,1080t **	0,9813	0,97
40	+ b* = 53,1814 - 0,0513t - 0,0020t ² + 0,00001t ³ *	0,9979	17,1

+b* = intensidade de vermelho; t = tempo (dia); ** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$) * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$).

Observa-se que na umidade relativa média de 83% e temperatura de 25 °C, que apenas a equação de quarto grau pode ser usada para prever os dados da intensidade de amarelo ($R^2 > 0,9$ e $P < 10\%$) e na temperatura de 40 °C, apenas a equação linear pode ser usada ($R^2 > 0,9$ e $P < 10\%$). Diferentemente, GARCIA (2010) verificou efeito significativo ($p \leq 0,05$) para as equações quadráticas na representação da intensidade de amarelo, em função do tempo de torra dos farelos de arroz das cultivares BRS Sertaneja, BRS Primavera e IRGA 417, obtendo R^2 de 0,9093, 0,9256 e 0,9735, respectivamente.

4.5 – Isotermas de adsorção de umidade

Na Tabela 4.25 se encontram os valores dos parâmetros de ajustes dos modelos de GAB, Peleg e Oswin às isotermas de adsorção de umidade do figo-da-índia em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, e os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Tabela 4.25 – Parâmetros dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de umidade do figo-da-índia em pó, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C

Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros			R^2	P(%)	
		Xm	C	K			
GAB	20	8,5889	1,5173	0,9882	0,9994	3,90	
	30	9,5495	1,3409	0,9777	0,9994	3,11	
	40	9,2186	1,6122	0,9812	0,9995	2,45	
Modelo	Temperatura (°C)	K_1	n_1	K_2	n_2	R^2	P(%)
Peleg	20	152,8435	13,8547	45,3833	2,2174	0,9990	7,22
	30	173,0125	17,3155	58,3595	2,5991	0,9995	3,13
	40	168,9888	15,1554	49,2003	2,1896	0,9995	2,72
Modelo	Temperatura (°C)	a	b	R^2	P(%)		
Oswin	20	10,15290	0,890818	0,9994	3,82		
	30	10,98185	0,854560	0,9991	4,34		
	40	11,23178	0,848803	0,9994	2,94		

Observa-se que todos os modelos representaram satisfatoriamente as isotermas de adsorção de umidade, uma vez que todos se ajustaram com coeficientes de determinação (R^2) maiores que 0,99 e desvios percentuais médios menores que 10,0%. Na temperatura de 20 °C o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Oswin, seguido do de GAB e, por último, o de Peleg; na temperatura de 30 °C os modelos de GAB e de Peleg se ajustaram muito bem aos dados experimentais, apresentando o modelo de Oswin uma pequena diferença, e na temperatura de 40 °C o melhor modelo foi o de GAB, seguido pelo de Peleg e, por fim, o de Oswin. SILVA et al. (2008), verificaram que o modelo de

GAB representou satisfatoriamente a isoterma de adsorção do cupuaçu em pó na temperatura de 35 °C, com coeficiente de determinação de 0,9986 e o desvio percentual médio de 4%.

A umidade na monocamada molecular (X_m), parâmetro do modelo de GAB, variou entre 8,5889 e 9,5495% b.s., apresentando um pequeno aumento no seu valor, nas temperaturas de 30 e 40 °C em relação ao valor obtido na temperatura de 20 °C. Constatase que os valores de X_m nas temperaturas de 30 e 40 °C foram muito próximos e estão próximos ao valor determinado por BEZERRA et al. (2010) para a manga cv. Coité em pó que foi de 9,086%, ao ajustarem o modelo de GAB a isoterma de adsorção de umidade a 23 °C.

O parâmetro K do modelo de GAB representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido e a constante de sorção C é função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água (ALEXANDRE et al., 2007). Observa-se que o parâmetro K e a constante C diminuíram com o aumento da temperatura de 20 para 30 °C e aumentaram entre 30 e 40 °C. GOMES et al. (2002) também verificaram, para as isotermas de adsorção de umidade da acerola em pó, diminuição dos valores dos parâmetros K e C do modelo de GAB com o aumento da temperatura de 20 para 30 °C; já PENA et al. (2000), observaram um aumento desses parâmetros para o guaraná em pó, com o aumento da temperatura de 25 para 35 °C.

De acordo com a classificação de BLAHOVEC (2004), as isotermas de adsorção de umidade do figo-da-índia em pó são do Tipo III, em razão de apresentarem $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$. As isotermas do tipo III são características de sistemas em que as moléculas do adsorbato apresentam maior interação entre si do que com o sólido (TEIXEIRA et al., 2001). A isoterma de adsorção de umidade determinada a 35 °C da farinha de pupunha também foi classificada como do tipo III (FERREIRA & PENA, 2003).

No modelo de Peleg os parâmetros diminuíram com o aumento da temperatura, resultado diferente do encontrado por GURJÃO (2006) ao determinar a isoterma de adsorção de extrato em pó de tamarindo, onde o K_1 e o N_1 diminuíram com o aumento da temperatura e o K_2 e o N_2 aumentaram com o aumento da temperatura.

Do modelo de Oswin pode-se observar que, quanto maior a temperatura maior também o valor da constante **a** e menor o valor de **b**, resultado semelhante ao encontrado por ALCÂNTARA et al. (2009) ao ajustarem este modelo às isotermas de adsorção de umidade do pedúnculo seco de caju. Verifica-se ainda que este modelo foi o que apresentou os maiores desvios percentuais médios dentre os modelos testados.

A Figura 4.2 apresenta a isoterma de adsorção de umidade do figo-da-índia em pó com ajuste pelo modelo de GAB. Verifica-se que a partir da atividade de água próxima a 0,6 houve tendência de aumento exponencial da umidade de equilíbrio, significando que as amostras do figo-da-índia em pó devem ser armazenadas em ambientes com umidades relativas inferiores a 60% ou que sejam acondicionadas em embalagens com forte barreira contra a absorção de umidade. PENA & MENDONÇA (2009), verificaram comportamento semelhante ao determinarem as isotermas de adsorção de umidade, a 25 e 40 °C, do resíduo do maracujá amarelo (fibra residual) desidratado.

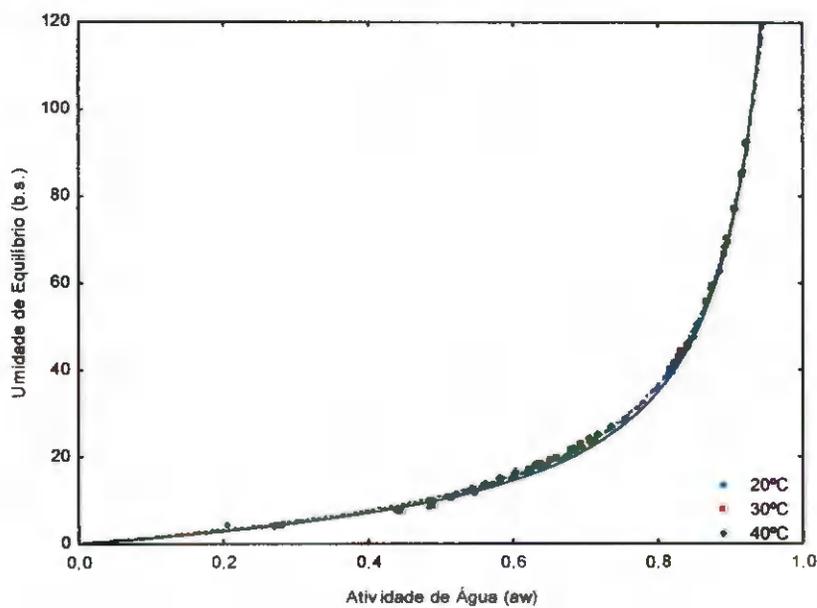


Figura 4.2 – Isotermas de adsorção de umidade do figo-da-índia em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de GAB

5 - CONCLUSÕES

- A polpa de figo-da-índia é pouco ácida e com baixo teor de ácido ascórbico;
- O processo de secagem em camada de espuma da polpa de figo-da-índia com aditivos, durou em média 220 minutos;
- Os modelos de Page, Henderson & Pabis e Cavalcanti Mata, se ajustaram bem à curva de secagem da polpa de figo-da-índia com aditivos;
- As embalagens flexíveis laminadas não evitaram a absorção de água pelas amostras em pó, durante o armazenamento sob atmosfera controlada;
- A atividade de água das amostras em pó aumentou durante o armazenamento sob atmosfera controlada, mas não ultrapassou o nível de segurança de 0,6;
- O teor de açúcares redutores das amostras em pó sofreu redução durante o armazenamento, sob atmosfera controlada;
- A acidez total titulável diminuiu nos primeiros vinte dias de armazenamento, mantendo estabilidade a partir de vinte dias, em todas as amostras;
- No armazenamento a 25 °C as amostras em pó mantiveram a luminosidade ao longo do armazenamento e a 40° C sofreram escurecimento;
- Em todas as amostras em pó o armazenamento provocou alteração de cor na direção do vermelho e, de forma mais intensa, nas amostras a 40 °C;
- Os modelos de GAB, Peleg e Oswin se ajustaram bem às isotermas de adsorção de água do figo-da-índia em pó;
- As isotermas de adsorção de água foram classificadas como do tipo III.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 81-87, 2009.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.

ALMEIDA, M. M.; SILVA, F. L. H.; CONRADO, L. S.; FREIRE, R. M. M.; VALENÇA, A. R. Caracterização física e físico-química de frutos do mandacaru. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 15-20, 2009.

ALVES, R. M.; BORDIN, M. R. Estimativa da vida útil de café solúvel por modelo matemático. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 19-24, 1998.

ALVES, R. M. V. Embalagem para frutas e hortaliças desidratadas e frutas secas. Campinas: **CETEA/ITAL**, 2001. 12 p.

AMORIM, B. C.; MOTA, M. M. A.; SIMÕES V. S.; SILVA, F. L. H.; OLIVEIRA L. S. C. Estudo do enriquecimento protéico do bagaço da fruta da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 6., Campinas. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2005. CD Rom.

ANSELMO, G. C. S.; MATA, M. E. R. M. C.; RODRIGUES, E. Comportamento higroscópico do extrato seco de urucum (*Bixa Orellana* L). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1888-1892, 2008.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. Willians, S (Ed) 14. ed. Arlington, 1997. 1141 p.

APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 4. ed. Washington: APHA, 2001, 676 p.

ARGANDOÑA, E. J. S.; NISHIYAMA, C.; HUBINGER, D. M. Qualidade final de melão osmoticamente desidratado em soluções de sacarose com adição de ácidos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1803-1810, 2002.

ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2007.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.

AZEREDO, H. M. C., FARIA, J. A. F., AZEREDO, A. M. C., Embalagens Ativas para Alimentos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p.337-341, 2000.

BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. Fatores que condicionam a estabilidade de alimentos. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, cap. 2, p. 13-25.

BASTOS, S. D.; SOARES, G. B. M. D.; ARAÚJO, L. G. K.; VERRUMA BERNARDI, R. M. Desidratação de polpa de manga “*Tommy Atkins*” utilizando a técnica de foam mat drying: avaliações químicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 8, n. 4, p. 283-290, 2005.

BATISTA, E.; FILIPE, E. A influência da variação da condutividade e densidade da água na calibração gravimétrica. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DE METROLOGIA E INOVAÇÃO, 2., Caparica. **Anais...** Caparica: Instituto Português de Qualidade (IPQ), 2007. CD Rom.

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. 507-573, 1998.

BERISTAIN, C. I.; CORTÉS, R.; CASILLAS, M. A.; DÍAZ, R. Obtencion de julgo de pina em polvo por el método de secado por espumas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Venezuela; v. 41, n. 2, p. 238-245, 1991.

BEZERRA, T. S.; COSTA J. M. C.; AFONSO. M. R. A.; MAIA. G. A.; ROCHA. E. M. F.; Comportamento higroscópico de pós de manga das variedades *coité e espada* e avaliação das características físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 1, 2010.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004.

BOBBIO, O. F.; BOBBIO, A. P **Química do processamento de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela. 143 p. 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Portaria n.º 540, de 27 de outubro de 1997. Regulamento Técnico. Aditivos Alimentares: definições, classificação e emprego. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 out. 1997. Seção 1, p. 94.

BRASIL, I. M.; GUIMARÃES, A. C. L. **Curso de especialização em tecnologia de processamento de sucos e polpas tropicais: química e bioquímica do processamento**. Brasília, DF: ABEAS, 2000. v. 5, p 109.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005a. 1017 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º 269, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico sobre a ingestão diária

recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005b.

BRAVO, H. **Las Cactáceas de México**. Universidade Nacional Autónoma de México. 1991. v. 1, 743 p. v. 3, 643 p.

CABRAL, A.C. D. Detecção de sabores e odores estranhos em alimentos devido a embalagens flexíveis. **Bolctim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 54, 1977.

CAMARGO, C. M.; CANTERI, M. H. G.; FRANCISCO, A. C. Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método “foam mat”. In: SEMANA DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS, 6., 2008, Paraná. **Anais...** Paraná. UTFPR, 2008. CD Rom.

CAMPELO, I. K. M. **Secagem em camada de espuma da polpa do figo da índia**. 2009.102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande.

CANO-CHAUCA, M. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Inovative Food Science & Emerging Techbuologies**, New York, v. 6, n. 4 p. 420-428, 2005.

CANUTO, M. T.; PIRES, F. C. V.; ARAÚJO, P. A.; BARBOSA S. A. Avaliação da composição físico-química do figo-da-índia. In: CONGRESSO NORTE-NORDESTE DE QUÍMICA, 1., 2007, Natal. **Anais...** Natal. UFRN, 2007. CD Rom.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starchcontaining foodstuffs. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, p. 1501-1507, 1982.

CARDOSO, R. L. Estabilidade da cor de geléia de jambo (*Eugenia malaccensis*, L.) sem casca armazenada aos 25 °C e 35 °C na presença e ausência de luz. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1563-1567, 2008.

CARVALHO, S. M. L. **Determinação de isotermas de adsorção da farinha d'água obtida de mandioca (*Manihot esculenta*)**. 1994. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Pará, Departamento de Engenharia Química, Belém.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análises de alimentos**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2003. 207 p.

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

CHITARRA, M. F. I.; CHITARRA, B. A. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

COSTA, J. M. C.; FELIPE, E. M. F.; MAIA, G. A.; BRASIL, I. M.; HERNANDEZ, F. F. H. Comparação dos parâmetros físico-químicos e químicos de pós alimentícios obtidos de resíduos de abacaxi. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.2, p.228-232, 2007.

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, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. CD Rom.

DANTAS, H. J.; SILVA, A. S.; LIMA, E. E.; FARIAS, P. A.; ANDRADE, M. A. Obtenção da polpa de jaca em pó pelo método de secagem em camada de espuma (foam-mat drying). In: JORNADA NACIONAL DA AGROINDÚSTRIA, 3, Bananeiras, **Anais...** Bananeiras: UFPB; 2008. CD Rom.

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

DZAZIO, CH.; MACEDO, D. C.; FLORENCIO, F.; COSTA, J. A.; ANJOS, M. M.; SCHEMIN, M. H. C.; OLIVEIRA, M. C. S.; LEAL, E. S.; ALMEIDA, J. V. P. **Batata**

(*Polimnia sonchifolia*) desidratada em estufa e pelo método "Foam-Mat". **Brasil Alimentos**, São Paulo, v. 38, n. 38, p.21-26, 2006.

ENDO, E.; BORGES, V. S.; DAIUTO, R. E.; CEREDA, P. M.; AMORIM, E. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*passiflora edullis f. flavicarpa*) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 1-10, 2007.

EVANGELISTA J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu. 2005. 652 p

FARIAS, E. S.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, L. A.; NASCIMENTO, J. Secagem de cajá em um secador de leito fixo. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 18, 2002, Belém. **Anais...** SBF: Belém, 2002. CD Rom.

FELBERG, I.; ANTONIASSI, R.; DELIZA, R. **Manual de produção de extrato de soja para agroindústria de pequeno porte**. Embrapa Agroindústria de Alimentos. Rio de Janeiro. 2005. 12p.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

FENNEMA, O. R. Loss of vitamins in fresh and frozen foods. **Food Technology**, v. 31, n. 12, n. 20, p. 32-34, 1997.

FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.

FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J.M.; MARTUCCI, E. T. Alterações da cor da acerola em pó sob condições controladas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 49-57, 2005.

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

FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 229 p. 2004.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ M. J. A.; FIGUEIRÊDO, F. M. R.; SILVA, G. N. R. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, R. N. G.; TORRES, L. B. V. T. Isotermas de adsorção de umidade da polpa de umbu em pó. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PÓS-COLHEITA DE FRUTOS TROPICAIS, I, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa. SBPCFT, 2005. CD Rom.

GARCIA, M. C. **Influência do tempo de torra por microondas nas características sensoriais, físicas e químicas de farelos de cultivares de arroz e sua aplicação em barras de cereais**. 2010. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

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

GÓIS, V. A. **Comportamento higroscópico do mamão liofilizado com vistas ao estabelecimento do seu potencial de “caking”**. 1981. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3 p. 384-389, 2004.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GRIZOTTO, R. K., BERBARI, S. A. G., MOURA, S. C. S. R., CLAUS, M. L. Estudo da vida-de-prateleira de fruta estruturada e desidratada obtida de polpa concentrada de mamão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, 2006.

GURJÃO, K. C. O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)**. 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, Areia.

KARIM, A. A.; CHEE-WAI, C. Foam mat drying of starfruit (*Averchoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, Londres, v. 64, n. 3, p. 337-343, 1999.

KATO, N. M. **Propriedades tecnológicas de formulações de sorvete contendo concentrado protéico de soro (CPS)**. 2002. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

KLUGE, R. A., NACHTIGAL, J. C., FACHINELLO, J. C., BILHALVA, A. B. **Fisiologia e manejo pós-colheita de frutas de clima temperado**. 2. ed. Campinas: Editora Rural, 2002. 214 p.

LEUENBERGER, B. E. **Interpretation and typification of *Cactus ficus-indica* L. and *Opuntia ficus-indica* (L.) Millier (Cactaceae)**. **Taxon**, Rennweg, v. 40, n. 4, p. 621-627, 1991.

LIRA, M.A.; FARIAS I.; SANTOS, M.V.F.; FILHO, J.J.T. Introdução, geração e avaliação de clones de palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill). In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 2., Natal. **Anais...** Natal: EMPARN, 1989. CD Rom.

LOPES, R.V.V. **Estudo da produção do vinho do fruto da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill)**. 2005. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

LOPES, V. V. R.; E SILVA, H. L. F. Elaboração de fermentados a partir do figo-da-índia. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2006.

LUZ, L. M.; SCHEMIN, M. H. C.; FRANCISCO, A. C. Desidratação do extrato hidrossolúvel de soja pelo método foam mat. In: SANTOS JUNIOR, G.; ALMEIDA, D. M.; MICHALOSKI, A. O. **Série em Ciência e Tecnologia de Alimentos: agroindústria, energia e meio ambiente**. Ponta Grossa: UTFPR, 2008. v. 2, n. 13, p. 1-6.

MATSUURA, F. C. A.U.; ROLIM, R. B. avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina c1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 138-141, 2002.

MEDEIROS, D. C., CAVALCANTE, A. J., ALSINA, S. L. O. Estudo da desidratação osmótica da fruta da palma (figo da índia). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 157-166, 2006.

MEDINA, E.M. D.; RODRÍGUEZE. M. R.; ROMERO, C. D. Chemical characterization of *Opuntia dilleni* and *Opuntia ficus-indica* fruits. **Food Chemistry**, Londres, v. 103, p. 38-45, 2007.

MELO, K. S. **Secagem da polpa do fruto do mandacaru**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande.

MIGLIATO, K. F.; MOREIRA, R. R. D.; MOLLO, J. C. P.; SACRAMENTO, L. V. S.; CORRÊA, M. A.; SALGADO, H. R. N. Controle da qualidade do fruto de *Syzygium cumini* (L.) Skeels. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, João Pessoa, n. 17, v. 1, p. 94-101, 2007.

MORAIS, A. A. C.; SILVA, A. L. **Soja: suas aplicações**. Rio de Janeiro: MEDSI, 1996. 259 p.

MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER S. P. M.; ALMEIDA, M. E. M.; FEFI, D. A. Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 787-792, 2007.

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

OLIVEIRA, M. E. B.; BASTOS, M. S. R.; FEITOSA, T. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congelados de acerola, cajá e caju. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 326-332, 1999.

OLIVEIRA, N. M. F., FIGUEIRÊDO, F. M. R., QUEIROZ, M. J. A. Análise comparativa de polpa de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 25-33, 2006.

ORDOÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 254 p.

PARK, K. J.; TUBONI, C. T.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Estudo da secagem do caqui giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de produtos Agroindustriais**. Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 71-86, 2004.

PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenções das isothermas de sorção e modelagem matemática para pêra Barlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 1, p. 73-77, 2001.

PELCZAR JR., M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. **Microbiologia: conceitos e aplicações**. São Paulo: Makron Books, 1997. 524 p.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi e tri-paramétricos na predição de isothermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 8-11, 2000.

PENA, R. S.; MENDONÇA, N. B. Secagem em camada delgada da fibra residual do maracujá. **Bolctim do CEPPA**, Curitiba, v. 27, n. 2, p. 257-270, 2009.

PEREIRA, D. A. **Extração aquosa de própolis e secagem em licito de espuma para uso em alimentos**. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

PEREIRA, I. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Características físico-químicas do tomate em pó durante o armazenamento. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p. 83-90, 2006.

PIMIENTA, B. E. **El nopal tunero**. 1. ed. Zapopan: Editora Jalisco, Universidade de Guadalajara, México, 1990. 246 p.

PINHEIRO, R. V. R.; MARTELETO, L. O.; SOUZA, A. C. G.; CASALI, W. D.; CONDÉ, A. R. Produtividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em Visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e à industrialização. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 31, p. 360-387, 1984.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 79, n. 4, p. 452-459, 2007.

RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 3, p. 259-269, 2008.

SAÉNZ, C. Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia* spp.) fruits and cladodes. **Journal of Arid Environments**, Londres, v. 46, p. 209-225, 2000.

SAÉNZ, C.; TAPIA, S.; CHÁVEZ, J.; ROBERT, P. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, Londres, v. 114, p. 616-622, 2009.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technology**, Oxford, v. 37, n. 5, p. 517-525, 2004.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 215 p.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S.; Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 4, p. 895-901, 2008.

SILVA, G. N. R.; FIGUEIRÊDO, F. M. R.; QUEIROZ, M. J. A.; GALDINO, O. P. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1179-1184, 2005.

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, 2009.

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, 16., Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. CD Rom.

SOARES, C. E.; OLIVEIRA, F. S. G. MAIA, A. G.; MONTEIRO, S. C. J.; SILVA, A. J.; FILHO, S. S. M. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo o processo "foam mat". **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

SOARES, E. P.; NUNES, E. C. D.; SAIKI, M.; WIEBECK, H. Caracterização de polímeros e determinação de constituintes inorgânicos em embalagens plásticas metalizadas. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 206-212, 2002.

SOUZA, J. S. **Secagem de misturas de polpa de frutas tropicais em leito de jorro**. 2009. 155 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

TACO - **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 2. ed. Campinas: NEPA/UNICAMP, 2006. 113 p.

TANAKA, D. L. **Influência da desidratação por spray drying sobre o teor ácido ascórbico no suco de acerola (*Malpighia* spp)**. 2007. 73 f. Dissertação (Mestrado em Alimentação e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista, Araraquara.

TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P.; SAGUY, I. S. Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction. In: VALENTAS, K. J.; ROTSTEIN, E.; SINGH, R. P. **Hanbook of Food Enginecring Pratiee**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 361-403.

TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A.; QUAST, D. G. **Reações de transformação e vida de prateleira de alimentos processados**. 3. ed. Campinas: ITAL, 2004. (Manual Técnico, 6).

TEIXEIRA, V. G.; COUTINHO, F. M. B.; GOMES, A. S. Principais métodos de caracterização da porosidade de resinas à base de divinilbenzeno. **Química Nova**, São Paulo, v. 24, n. 6, p. 808-818, 2001.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SILVEIRA, E. F. **Processamento de alimentos desidratados**. Campinas: ITAL, 1981.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. **Jourual of Food Enginecring**, Essex, v. 86, n. 4, p. 573-583, 2008.

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

UCHOA, A. M. A.; COSTA, J. M.; MAIA, G. A.; SILVA, E. M. C.; CARVALHO, A. F. F. U.; MEIRA, T. R. Parâmetros físico-químicos, teor de fibra bruta e alimentar de pós alimentícios obtidos de resíduos de frutas tropicais. **Segurança Alimentar e Nutricional**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 58-65, 2008.

VERNON-CARTER, E. J. Effect of foaming agents on the stability, rheological properties, drying kinetics and flavour retention of tamarind foam-mats. **Food Research International**, Kidlington, v. 34, n. 7, p. 587-598, 2001.

VILA, M. T. R.; LIMA, L. C. O.; BOAS, E. V. B. V.; HOJO, E. T. D.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Caracterização química e bioquímica de goiabas armazenadas sob refrigeração e atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1435-1442, 2007.

VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; GERMER, S. P. M. Testes acelerados de vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R, GERMER, S. P. M. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados.** 3.ed. Campinas: ITAL, cap. 3, p. 75-81, 2004.

APÊNDICE A

Tabela A.1 - Análise de variância da umidade do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	0,7370	0,7370	0,6736 ns
Tempo (F2)	5	501,2703	100,2541	91,622 **
Interação (F1 x F2)	5	7,3418	1,4684	1,3419 ns
Tratamentos	11	509,3491	46,3044	42,3176 **
Resíduo	24	26,2611	1,0942	
Total	35	535,6102		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.2 - Análise de variância da umidade do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	10,9470	10,9470	14,0069 **
Tempo (F2)	5	456,4090	91,2818	116,7965 **
Interação (F1 x F2)	5	4,5944	0,91890	1,1757 ns
Tratamentos	11	471,9550	42,90460	54,8971 **
Resíduo	24	18,7571	0,7815	
Total	35	490,7076		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.3 - Análise de variância da atividade de água do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	0,0041	0,0041	304,3010 **
Tempo (F2)	5	0,0154	0,0031	188,3527 **
Interação (F1 x F2)	5	0,0018	0,0004	22,1296 **
Tratamentos	11	0,0222	0,0020	123,3375 **
Resíduo	24	0,0004	0,00002	
Total	35	0,0225		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.4 - Análise de variância da atividade de água do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	0,0321	0,0321	2108,8047 **
Tempo (F2)	5	0,0417	0,0083	548,2106 **
Interação (F1 x F2)	5	0,0071	0,0014	93,3347 **
Tratamentos	11	0,0809	0,0074	483,3210 **
Resíduo	24	0,0004	0,00002	
Total	35	0,0813		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.5 - Análise de variância dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	22,4776	22,4776	19,7905 **
Tempo (F2)	5	328,9987	65,7997	57,9339 **
Interação (F1 x F2)	5	66,8914	13,3783	11,7790 **
Tratamentos	11	418,3677	38,0334	33,4868 **
Resíduo	24	27,2585	1,1357	
Total	35	445,6262		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.6 - Análise de variância dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	8,3034	8,3034	17,2752 **
Tempo (F2)	5	169,5370	33,9074	70,5441 **
Interação (F1 x F2)	5	56,7313	11,3462	23,6058 **
Tratamentos	11	234,5717	21,3247	44,3659 **
Resíduo	24	11,5357	0,4807	
Total	35	246,1075		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.7 - Análise de variância da acidez total titulável do figo-da-india em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	0,0160	0,0160	84,6837 **
Tempo (F2)	4	0,0364	0,0090	48,0710 **
Interação (F1 x F2)	4	0,0047	0,0012	6,2471 **
Tratamentos	9	0,0571	0,0063	33,5507 **
Resíduo	20	0,0038	0,0002	
Total	29	0,0609		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade;

S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.8 - Análise de variância da acidez total titulável do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	0,0002	0,0002	2,9864 ns
Tempo (F2)	4	0,0228	0,0057	101,6367 **
Interação (F1 x F2)	4	0,0005	0,0001	2,4254 ns
Tratamentos	9	0,0235	0,0026	46,5816 **
Resíduo	20	0,0011	0,0001	
Total	29	0,0246		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade;

S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.9 - Análise de variância da luminosidade do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	727,0753	727,0753	890,2240 **
Tempo (F2)	5	299,7586	59,9513	73,4043 **
Interação (F1 x F2)	5	269,8538	53,9707	66,0813 **
Tratamentos	11	1296,6876	117,8807	144,3320 **
Resíduo	24	19,6016	0,8167	
Total	35	1316,2892		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.10 - Análise de variância da luminosidade do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	830,9767	830,9767	1024,3866 **
Tempo (F2)	5	513,3117	102,6623	126,5570 **
Interação (F1 x F2)	5	334,8836	66,9767	82,5655 **
Tratamentos	11	1679,172	152,652	188,1818 **
Resíduo	24	19,4687	0,8112	
Total	35	1698,641		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.11 - Análise de variância da intensidade de vermelho (+a) do figo-da-india em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	176,5355	176,5355	176,5355*
Tempo (F2)	5	103,9631	103,9631	721,6875 **
Interação (F1 x F2)	5	45,7941	9,1588	317,8916 **
Tratamentos	11	326,2927	29,6630	1029,5670 **
Resíduo	24	0,6915	0,0288	
Total	35	326,9841		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.12 - Análise de variância da intensidade de vermelho (+a) do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	156,5001	156,5001	695,8911 **
Tempo (F2)	5	130,64816	26,12963	116,1876 **
Interação (F1 x F2)	5	45,44150	9,08830	40,4119 **
Tratamentos	11	332,5898	30,2354	134,4444 **
Residuo	24	5,3974	0,2249	
Total	35	337,9872		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$) G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.13 - Análise de variância da intensidade de amarelo (+b) do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	197,4587	197,4587	1119,1432 **
Tempo (F2)	5	103,9631	103,9631	721,6875 **
Interação (F1 x F2)	5	45,7941	9,1588	317,8916 **
Tratamentos	11	326,2930	29,6630	1029,5670 **
Resíduo	24	0,6915	0,0288	
Total	35	326,9841		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.14 - Análise de variância da intensidade de amarelo (+b) do figo-da-índia em pó, em função da temperatura e tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl)

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Temperatura (F1)	1	245,5489	245,5489	1060,1903 **
Tempo (F2)	5	113,4033	22,6807	97,9268 **
Interação (F1 x F2)	5	138,6231	27,7246	119,7048 **
Tratamentos	11	497,5753	45,2341	195,3044 **
Resíduo	24	5,5586	0,2316	
Total	35	503,1340		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.15 - Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	282,3563	282,3563	301,0942 **
Reg. quadrática	1	3,3985	3,3985	3,6241 ns
Reg. cúbica	1	5,9816	5,9816	6,3786 *
Reg. 4º grau	1	2,2174	2,2174	2,3646 ns
Reg. 5º grau	1	0,1386	0,1386	0,1479 ns
Tratamentos	2	294,0926	58,8185	62,7219
Resíduo	12	11,2532	0,9378	
Total	17	305,3458		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.16 - Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40°C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	211,5131	211,5131	169,1217 **
Reg. quadrática	1	0,5752	0,5752	0,4599 ns
Reg. cúbica	1	0,9882	0,9882	0,7901 ns
Reg. 4º grau	1	1,2940	1,2940	1,0346 ns
Reg. 5º grau	1	0,1490	0,1490	0,1191 ns
Tratamentos	5	214,5195	42,9039	34,3051
Resíduo	12	15,0079	1,2507	
Total	17	229,5274		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.17 - Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	212,6628	212,6628	290,9169 **
Reg. quadrática	1	1,2736	1,2736	1,7423 ns
Reg. cúbica	1	1,0020	1,0020	1,3707 ns
Reg. 4º grau	1	1,4350	1,4350	1,9630 ns
Reg. 5º grau	1	0,7677	0,7677	1,0503 ns
Tratamentos	5	217,1411	43,4282	59,4086
Resíduo	12	8,7721	0,7310	
Total	17	225,9133		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.18 - Análise de variância da regressão da umidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	231,3826	231,3826	278,0767 **
Reg. quadrática	1	9,0723	9,0723	10,9031 **
Reg. cúbica	1	0,4519	0,4519	0,5431 ns
Reg. 4º grau	1	1,0193	1,0193	1,2250 ns
Reg. 5º grau	1	1,9361	1,9361	2,3268 ns
Tratamentos	5	243,8623	48,7724	58,6150
Resíduo	12	9,9850	0,8321	
Total	17	253,8472		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.19 - Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0033	0,0033	6656,1524 **
Reg. quadrática	1	0,0001	0,0001	289,5317 **
Reg. cúbica	1	0,0002	0,0002	405,7815 **
Reg. 4º grau	1	0,00001	0,00001	17,3571 **
Reg. 5º grau	1	0,0001	0,0001	200,0661 **
Tratamentos	5	0,0038	0,0008	1513,7778
Resíduo	12	0,00001	0,0000	
Total	17	0,0038		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.20 - Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0119	0,0119	370,9680 **
Reg. quadrática	1	0,0007	0,0007	22,5986 **
Reg. cúbica	1	0,0001	0,0001	3,8321 ns
Reg. 4º grau	1	0,0006	0,0006	17,9127 **
Reg. 5º grau	1	0,00005	0,00005	1,4226 ns
Tratamentos	5	0,0134	0,0027	83,3468
Resíduo	12	0,0004	0,00003	
Total	17	0,0138		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.21 - Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0085	0,0085	15344,9486 **
Reg. quadrática	1	0,0003	0,0003	516,8643 **
Reg. cúbica	1	0,00001	0,00001	17,7633 **
Reg. 4º grau	1	0,0001	0,0001	227,3357 **
Reg. 5º grau	1	0,0002	0,0002	296,6881 **
Tratamentos	5	0,0091	0,0018	3280,7200
Resíduo	12	0,00001	0,0000	
Total	17	0,0091		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.22 - Análise de variância da regressão da atividade de água do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0361	0,0361	1209,2446 **
Reg. quadrática	1	0,0014	0,0014	45,7473 **
Reg. cúbica	1	0,0018	0,0018	58,8987 **
Reg. 4º grau	1	0,0004	0,0004	14,8363 **
Reg. 5º grau	1	0,0000	0,0000	0,0482 ns
Tratamentos	5	0,0397	0,0079	265,7550
Resíduo	12	0,0004	0,00003	
Total	17	0,0401		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns - não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.23 - Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	134,2527	134,2527	405,7195 **
Reg. quadrática	1	28,5775	28,5775	86,3628 **
Reg. cúbica	1	26,7923	26,7923	80,9680 **
Reg. 4º grau	1	8,8459	8,8459	26,7327 **
Reg. 5º grau	1	42,7089	42,7089	129,0688 **
Tratamentos	5	241,1772	48,2354	145,7704
Resíduo	12	3,9708	0,3309	
Total	17	245,1480		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.24 - Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	38,0772	38,0772	19,6209 **
Reg. quadrática	1	2,9702	2,9702	1,5305 ns
Reg. cúbica	1	53,0747	53,0747	27,3490 **
Reg. 4º grau	1	16,7959	16,7959	8,6548 *
Reg. 5º grau	1	43,7948	43,7948	22,5671 **
Tratamentos	5	154,7129	30,9426	15,9445 –
Resíduo	12	23,2877	1,9406	
Total	17	178,0006		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.25 - Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	18,9427	18,9427	57,1970 **
Reg. quadrática	1	13,9273	13,9273	42,0532 **
Reg. cúbica	1	7,3571	7,3571	22,2147 **
Reg. 4º grau	1	0,1559	0,1559	0,4706 ns
Reg. 5º grau	1	3,2114	3,2114	9,6969 **
Tratamentos	5	43,5945	8,7189	26,3265
Resíduo	12	3,9742	0,3312	
Total	17	47,5686		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.26 - Análise de variância da regressão dos açúcares redutores do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	81,4215	81,4215	129,2142 **
Reg. quadrática	1	2,2774	2,2774	3,6142 ns
Reg. cúbica	1	25,1378	25,1378	39,8932 **
Reg. 4º grau	1	33,1213	33,1213	52,5629 **
Reg. 5º grau	1	40,7158	40,7158	64,6151 **
Tratamentos	5	182,6738	36,5348	57,9799 –
Resíduo	12	7,5615	0,6301	
Total	17	190,2354		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.27 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0129	0,0129	70,7534 **
Reg. quadrática	1	0,0134	0,0134	73,5206 **
Reg. cúbica	1	0,0053	0,0053	29,1326 **
Reg. 4º grau	1	0,0007	0,0007	3,7241 ns
Tratamentos	4	0,0324	0,0081	44,2827
Resíduo	10	0,0018	0,0002	
Total	14	0,0342		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.28 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0055	0,0055	28,1077 **
Reg. quadrática	1	0,0011	0,0011	5,5338 *
Reg. cúbica	1	0,0018	0,0018	9,4778 *
Reg. 4º grau	1	0,0003	0,0003	1,4356 ns
Tratamentos	4	0,0087	0,0022	11,1387
Resíduo	10	0,0019	0,0002	
Total	14	0,0107		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.29 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0074	0,0074	334,5658 **
Reg. quadrática	1	0,0043	0,0043	195,9036 **
Reg. cúbica	1	0,0000	0,0000	0,0963 ns
Reg. 4º grau	1	0,0018	0,0018	79,6313 **
Tratamentos	4	0,0135	0,0034	152,5492
Resíduo	10	0,0002	0,00002	
Total	14	0,0137		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.30 - Análise de variância da regressão da acidez total titulável do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0057	0,0057	62,8225 **
Reg. quadrática	1	0,0027	0,0027	30,0586 **
Reg. cúbica	1	0,0007	0,0007	7,4103 *
Reg. 4º grau	1	0,0008	0,0008	8,9529 *
Tratamentos	4	0,0098	0,0025	27,3111
Resíduo	10	0,0009	0,00009	
Total	14	0,0107		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.31 - Análise de variância da regressão da luminosidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,0173	0,0173	0,0186 ns
Reg. quadrática	1	8,1698	8,1698	8,7655 *
Reg. cúbica	1	0,0407	0,0407	0,0437 ns
Reg. 4º grau	1	0,6045	0,6045	0,6486 ns
Reg. 5º grau	1	0,2587	0,2587	0,2775 ns
Tratamentos	5	9,0911	1,8182	1,9508 --
Resíduo	12	11,1845	0,9320	
Total	17	20,276		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.32 - Análise de variância da regressão da luminosidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	523,6438	523,6438	746,5466 **
Reg. quadrática	1	13,3741	13,3741	19,0671**
Reg. cúbica	1	16,7658	16,7658	23,9026**
Reg. 4º grau	1	3,8477	3,8477	5,4856*
Reg. 5º grau	1	2,8900	2,8900	4,1202 ns
Tratamentos	5	560,5213	112,1043	159,8244
Resíduo	12	8,4171	0,7014	
Total	17	568,9384		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.33 - Análise de variância da regressão da luminosidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	11,2058	11,2058	21,6475 **
Reg. quadrática	1	0,6340	0,6340	1,2248 ns
Reg. cúbica	1	1,1445	1,1445	2,2109 ns
Reg. 4º grau	1	3,952	3,952	7,6345 *
Reg. 5º grau	1	3,5110	3,5110	6,7826 *
Tratamentos	5	20,4473	4,0895	7,9000 --
Resíduo	12	6,212	0,5176	
Total	17	26.6591		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.34 - Análise de variância da regressão da luminosidade do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	805,4429	805,4429	729,0799 **
Reg. quadrática	1	21,0716	21,0716	19,0738 **
Reg. cúbica	1	0,7729	0,7729	0,6997 ns
Reg. 4º grau	1	0,0015	0,0015	0,0013 ns
Reg. 5º grau	1	0,4591	0,4591	0,4156 ns
Tratamentos	5	827,7480	165,5496	149,8540 --
Resíduo	12	13,2569	1,1047	
Total	17	841,0048		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.35 - Análise de variância da regressão intensidade de vermelho (+a) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	6,0317	6,0317	118,1648 **
Reg. quadrática	1	0,0432	0,0432	0,8466 ns
Reg. cúbica	1	0,19780	0,1980	3,8788 ns
Reg. 4º grau	1	0,38680	0,38680	7,5774 *
Reg. 5º grau	1	0,0027	0,0027	0,0523 ns
Tratamentos	5	6,6623	1,3325	26,1040
Resíduo	12	0,6125	0,0510	
Total	17	7,2748		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.36 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho (+a) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	123,3260	123,3260	18748,8887 **
Reg. quadrática	1	17,1654	17,1654	2609,6120 **
Reg. cúbica	1	2,3509	2,3509	357,4034 **
Reg. 4º grau	1	0,2011	0,2011	30,5721 **
Reg. 5º grau	1	0,0513	0,0513	7,8050 *
Tratamentos	5	143,0948	28,6190	4350,8562 --
Resíduo	12	0,0789	0,0066	
Total	17	143,1738		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.37 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho (+a) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	12,941	12,941	118,9216 **
Reg. quadrática	1	0,0064	0,0064	0,0588 ns
Reg. cúbica	1	0,0084	0,0084	0,0772 ns
Reg. 4º grau	1	0,3331	0,3331	3,0615 ns
Reg. 5º grau	1	0,2294	0,2294	2,1084 ns
Tratamentos	5	13,5180	2,7036	24,8455
Resíduo	12	1,3058	0,1088	
Total	17	14,8238		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.38 - Análise de variância da regressão da intensidade de vermelho (+a) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	145,5501	145,5501	426,8750 **
Reg. quadrática	1	16,0464	16,0464	47,0614 **
Reg. cúbica	1	0,4466	0,4466	1,3099 ns
Reg. 4º grau	1	0,3991	0,3991	1,1705 ns
Reg. 5º grau	1	0,1294	0,1294	0,3795 ns
Tratamentos	5	162,5716	32,5143	95,3592 --
Resíduo	12	4,0916	0,3410	
Total	17	166,6632		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.39 - Análise de variância da regressão intensidade de amarelo (+b) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,5160	0,5160	4,2461 ns
Reg. quadrática	1	0,1077	0,1077	0,8863 ns
Reg. cúbica	1	0,3522	0,3522	2,8976 ns
Reg. 4º grau	1	0,0316	0,0316	0,2603 ns
Reg. 5º grau	1	0,0782	0,0782	0,6436 ns
Tratamentos	5	1,0857	0,2171	1,7868
Resíduo	12	1,4584	0,1215	
Total	17	2,5442		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.40 - Análise de variância da regressão intensidade de amarelo (+b) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (NaBr) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	177,3210	177,3210	993,8592 **
Reg. quadrática	1	0,0197	0,0197	0,1106 ns
Reg. cúbica	1	1,8574	1,8574	10,4104 **
Reg. 4º grau	1	0,0011	0,0011	0,0064 ns
Reg. 5º grau	1	1,7248	1,7248	9,6671 **
Tratamentos	5	180,9241	36,1848	202,8108
Resíduo	12	2,1410	0,1784	
Total	17	183,0651		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F – Variável do teste F

Tabela A.41 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo (+b) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 25 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	0,5857	0,5857	5,1966 *
Reg. quadrática	1	0,0099	0,0099	0,0879 ns
Reg. cúbica	1	1,5963	1,5963	14,1643 **
Reg. 4º grau	1	0,7543	0,7543	6,6930 *
Reg. 5º grau	1	0,2690	0,2690	2,387 ns
Tratamentos	5	3,2152	0,6430	5,7057
Resíduo	12	1,3524	0,1127	
Total	17	4,5676		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F

Tabela A.42 - Análise de variância da regressão da intensidade de amarelo (+b) do figo-da-índia em pó, em função do tempo de armazenamento sob atmosfera controlada (KCl) a 40 °C

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Reg. linear	1	245,0088	245,0088	681,5687 **
Reg. quadrática	1	1,2715	1,2715	3,5370 ns
Reg. cúbica	1	2,8777	2,8777	8,0051 *
Reg. 4º grau	1	0,0207	0,0207	0,0577 ns
Reg. 5º grau	1	0,4999	0,4999	1,3906 ns
Tratamentos	5	249,6786	49,9357	138,9118
Resíduo	12	4,31373	0,3595	
Total	17	253,9923		

** significativo a 1% de probabilidade ($p < 0,01$); * significativo a 5% de probabilidade ($0,01 \leq p < 0,05$); ns – não significativo ($p \geq 0,05$); G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Variável do teste F