



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



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

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

**SECAGEM POR ASPERSÃO E LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE PITAYA
(*Hylocereus undatus* Haw. Britton e Rose)**

JEMIMA FERREIRA LISBÔA

Campina Grande – Paraíba

Fevereiro - 2016

SECAGEM POR ASPERSÃO E LIOFILIZAÇÃO DA POLPA DE PITAYA
(*Hylocereus undatus* Haw. Britton e Rose)

JEMIMA FERREIRA LISBÔA

Dissertação apresentada ao Programa 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.^a. Dr.^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz

Campina Grande - Paraíba
Fevereiro - 2016

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| LISTA DE TABELAS..... | v |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| RESUMO | x |
| ABSTRACT | xi |
| 1 - INTRODUÇÃO | xi |
| 1.1 - Objetivo geral | 13 |
| 1.1.1 - Objetivos específicos | 13 |
| 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1 – Pitaya | 15 |
| 2.2 - Secagem | 18 |
| 2.2.1 - Secagem por aspersão | 20 |
| 2.2.2 – Liofilização | 20 |
| 2.3 - Atividade de água | 21 |
| 2.4 - Maltodextrina..... | 23 |
| 3 - MATERIAL E MÉTODOS..... | 25 |
| 3.1 - Matéria-prima | 25 |
| 3.2 - Processamento dos frutos | 25 |
| 3.3 - Caracterização química, física e físico-química da polpa de pitaya | 26 |
| 3.3.1 - Compostos fenólicos | 26 |
| 3.3.2 - Cor..... | 27 |
| 3.3.3 - Atividade de água (a_w) | 27 |
| 3.3.4 - pH..... | 27 |
| 3.3.5 – Sólidos solúveis totais (SST) | 27 |
| 3.3.6 – Teor de água..... | 27 |
| 3.3.7 – Acidez total titulável..... | 28 |
| 3.3.8 – Açúcares redutores e não redutores..... | 28 |
| 3.3.9 - Cinzas..... | 28 |
| 3.3.10 – Proteínas..... | 28 |
| 3.3.11 – Ácido áscórbico..... | 28 |
| 3.4 - Preparo das formulações | 29 |
| 3.5 - Caracterização química, física e físico-química das formulações | 29 |
| 3.6 - Secagem por aspersão e liofilização | 29 |

| | |
|---|-----------|
| 3.7 - Análises nas amostras em pó..... | 30 |
| 3.7.1 - Rendimento..... | 30 |
| 3.7.2 – Higroscopicidade..... | 30 |
| 3.7.3 – Solubilidade | 31 |
| 3.7.4 - Atividade de água | 31 |
| 3.7.5 – Cor..... | 31 |
| 3.7.6 - Densidade absoluta (ρ_{abs}), densidade aparente não compactada (ρ_{ap}) e densidade aparente compactada (ρ_{apc}) | 31 |
| 3.7. - Índice de compressibilidade (índice de Carr) e do Fator de Hausner (FH)..... | 32 |
| 3.7.8 - Porosidade | 33 |
| 3.7.9 - Ângulo de repouso | 33 |
| 3.7.10 – Molhabilidade | 33 |
| 3.7.11 - Isotermas de adsorção de água..... | 34 |
| 3.8 - Armazenamentos acelerado das amostras em pó..... | 34 |
| 3.9 - Análise Estatística..... | 35 |
| 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 36 |
| 4.1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa da pitaya integral | 36 |
| 4.2 - Caracterização química, física e físico-química das formulações | 39 |
| 4.3 - Caracterização química, física e físico-química dos pós de pitaya | 41 |
| 4.3.1 - Rendimento..... | 42 |
| 4.3.1.1- Pós obtidos através da secagem por aspersão..... | 43 |
| 4.3.1.2 – Pós obtidos através da secagem por liofilização | 55 |
| 4.3.2 – Caracterização química e físico química | 44 |
| 4.3.3 – Caracterização física dos pós de pitaya | 56 |
| 4.4- Isotermas de adsorção de água | 72 |
| 4.5 – Armazenamento acelerado dos pós de polpas de pitaya | 73 |
| 4.5.1 – Teor de água..... | 74 |
| 4.5.2. – Atividade de água..... | 75 |
| 4.5.3. – Acidez total titulável..... | 75 |
| 4.5.4. – Luminosidade | 75 |
| 4.5.5 – Intensidade de vermelho (+a*)..... | 77 |
| 4.5.6 – Intensidade de amarelo (+b*)..... | 78 |
| 5 - CONCLUSÕES..... | 82 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 82 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|--------------------|---|----|
| Tabela 2.1 | Evolução da quantidade e preço médio da pitaya comercializada na CEAGESP, de 2007 a 2012..... | 16 |
| Tabela 2.2 | Modelos matemáticos para ajuste de isotermas de sorção..... | 23 |
| Tabela 4.1 | Valores médios e o desvio padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa de pitaya integral..... | 36 |
| Tabela 4.2 | Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química das diferentes formulações elaboradas com polpa de pitaya e diferentes concentrações de maltodextrina..... | 39 |
| Tabela 4.3 | Rendimento dos pós obtidos através da secagem por aspersão elaborados com polpa de pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>) e diferentes concentrações de maltodextrina (DE=10)..... | 43 |
| Tabela 4.4 | Rendimento dos pós obtidos através da secagem por liofilização elaborados com polpa de pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>) e diferentes concentrações de maltodextrina (DE=10)..... | 43 |
| Tabela 4.5 | Valores médios do teor de água (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 44 |
| Tabela 4.6 | Valores médios do pH dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 45 |
| Tabela 4.7 | Valores médios da luminosidade (L*) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 46 |
| Tabela 4.8 | Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 47 |
| Tabela 4.9 | Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 48 |
| Tabela 4.10 | Valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes | |

| | | |
|--------------------|---|----|
| | concentrações de maltodextrina..... | 48 |
| Tabela 4.11 | Valores médios de atividade de água (aw) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 49 |
| Tabela 4.12 | Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 50 |
| Tabela 4.13 | Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100 g) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 51 |
| Tabela 4.14 | Valores médios de açúcares redutores dos pós da polpa de pitaya com três concentrações de maltodextrina..... | 52 |
| Tabela 4.15 | Valores médios de açúcares totais dos pós da polpa de pitaya com três concentrações de maltodextrina..... | 53 |
| Tabela 4.16 | Valores médios de açúcares não redutores dos pós da polpa de pitaya com três concentrações de maltodextrina..... | 53 |
| Tabela 4.17 | Valores médios de fenólicos totais (g/100g) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 54 |
| Tabela 4.18 | Valores médios de proteínas dos pós de obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 55 |
| Tabela 4.19 | Valores médios de cinzas (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 55 |
| Tabela 4.20 | Valores médios da solubilidade (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 57 |
| Tabela 4.21 | Valores médios de higroscopicidade (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 58 |
| Tabela 4.22 | Valores médios de molhabilidade (mg/s) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de | |

| | | |
|--------------------|---|----|
| | maltodextrina..... | 59 |
| Tabela 4.23 | Resultados médios de densidade aparente (g/cm ³) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 60 |
| Tabela 4.24 | Valores médios de densidade compactada (g/cm ³) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 61 |
| Tabela 4.25 | Valores médios de densidade real (g/cm ³) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 62 |
| Tabela 4.26 | Valores médios de porosidade (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 63 |
| Tabela 4.27 | Valores médios de fator de Hausner dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 64 |
| Tabela 4.28 | Valores médios de índice de Carr dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 65 |
| Tabela 4.29 | Valores médios de ângulo de repouso (°) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina..... | 66 |
| Tabela 4.30 | Parâmetros, coeficientes de determinação (R ²) e desvios percentuais médios (P) dos diferentes modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós liofilizados da pitaya com diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%)..... | 66 |
| Tabela 4.31 | Parâmetros, coeficientes de determinação (R ²) e desvios percentuais médios (P) dos diferentes modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós da pitaya secados por aspersão, com diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%)..... | 69 |
| Tabela 4.32 | Valores médios do teor de água (%) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas..... | 73 |
| Tabela 4.33 | Valores médios da atividade de água do pó de pitaya liofilizado | |

| | | |
|--------------------|---|----|
| | durante o armazenamento em diferentes temperaturas..... | 74 |
| Tabela 4.34 | Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas | 76 |
| Tabela 4.35 | Valores médios da luminosidade (L*) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas..... | 77 |
| Tabela 4.36 | Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas..... | 79 |
| Tabela 4.37 | Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas..... | 80 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------|---|----|
| Figura 2.1 | Planta cactácea do gênero <i>Hylocereus</i> | 15 |
| Figura 2.2 | Frutos de pitaya <i>Hylocereus undatus</i> com polpa branca..... | 16 |
| Figura 2.3 | Esquema da formação de uma partícula sólida na secagem por aspersão.. | 19 |
| Figura 3.1 | Fluxograma das etapas para obtenção da polpa de pitaya..... | 26 |
| Figura 4.1 | Isotermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós de pitaya com 25, 30 e 35% de maltodextrina desidratados pelos métodos de secagem por aspersão e liofilização com ajustes pelo modelo de Peleg..... | 72 |

RESUMO

A pitaya vermelha de polpa branca (*Hylocereus undatus* Haw. Britton e Rose) é uma fruta cujo consumo nos últimos anos tem crescido no Brasil, devido ao seu sabor agradável e adocicado, além de ser um alimento rico em compostos bioativos. Contudo, trata-se de um produto de alta perecibilidade, por esse motivo faz-se necessário a utilização de processos que promovam a redução de perdas pós-colheita. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo realizar a secagem por aspersão e liofilização de polpas de pitayas vermelhas com polpa branca (*Hylocereus undatus* Haw. Britton e Rose). Foram elaboradas formulações com a polpa de pitaya e diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%) as quais foram desidratadas em secador por aspersão com temperatura do ar de secagem de 150 °C e liofilizadas a -55 °C. A polpa integral e as formulações foram analisadas quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos. Os pós liofilizados e desidratados em secador por aspersão foram caracterizados quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos e determinadas as isothermas de adsorção de água a 25 °C. Com base nos resultados dos parâmetros teor de água, atividade de água, cor, vitamina C e rendimento foi selecionado o pó liofilizado com 35% de maltodextrina, o qual foi submetido ao armazenamento acelerado durante 20 dias sob condições controladas de umidade relativa do ar (83%) e temperatura (30 e 40 °C). As amostras liofilizadas apresentaram baixo teor de água (1,774%) e baixa atividade de água (0,103). Os modelos de GAB, Peleg e Oswin apresentaram bons ajustes as isothermas de adsorção de água dos pós de pitaya, destacando-se o modelo de Peleg com o melhor ajuste. Quanto ao estudo de armazenamento, verificou-se alterações significativas na maioria dos parâmetros avaliados: a acidez total titulável, luminosidade (L*) e intensidade de vermelho (+a*) decresceram significativamente ao longo da estocagem; e o teor de água, atividade de água e a intensidade de amarelo (+b*) apresentaram aumento significativo.

Palavras-chave: caracterização físico-química, isothermas de adsorção de água, armazenamento acelerado

ABSTRACT

The red pitaya white pulp (*Hylocereus undatus* Haw. Britton and Rose) is a fruit whose consumption in recent years has grown in Brazil, due to its pleasant and sweet taste, in addition to being a food rich in bioactive compounds. However, it is a highly perishable product, therefore it is necessary to use processes which promote the reduction of post harvest losses. Therefore, this study aimed to perform spray drying and freeze drying slurries of red pitayas with white pulp (*Hylocereus undatus* Haw. Britton and Rose). Formulations were prepared with the pulp of dragon fruit and maltodextrin different concentrations (25, 30 and 35%) which were dehydrated in a spray drier with drying air temperature of 150 °C and lyophilized at -55 °C. The whole pulp and formulations were analyzed for chemical, physical and physicochemical parameters. The lyophilized powders and dried in spray dryer were characterized by the chemical, physical and physicochemical parameters and certain water adsorption isotherms at 25 °C. Based on the results of the water content parameters, water activity, color, vitamin C and yield was selected the lyophilized powder with 35% maltodextrin, which was subjected to accelerated storage for 20 days under conditions of controlled moisture of the air (83%) and temperature (30 to 40 °C). Lyophilized samples showed low water content (1,774%) and low water activity (0,103). The models of GAB, Oswin Peleg and showed good fits the adsorption isotherms of water from pitaya post, highlighting the model Peleg with the best fit. As for the storage study, there were significant changes in most parameters assessed: total titratable acidity, lightness (L*) and redness (+a*) significantly decreased throughout storage; and the water content, water activity and the intensity of yellow (+b*) showed a significant increase.

Keywords: physical-chemical, water adsorption isotherms, accelerated storage

1 - INTRODUÇÃO

As novas alternativas de cultivo estão em constante desenvolvimento, tanto pela busca por parte dos produtores, como pela procura de novas opções de frutas pelos consumidores, corroborando com a expansão da produção e da comercialização de frutas, dentre as quais se destaca a pitaya (ANDRADE et al. 2008).

Entretanto o consumo dos frutos de pitaya durante muito tempo foi restrito às regiões norte-americanas, européias e australianas, chegando ao Brasil na década de 90 através de importações da Colômbia, o que despertou o interesse dos fruticultores brasileiros (LIMA, 2013).

No Brasil, os frutos das pitayas são considerados uma novidade promissora. Essa crescente aceitação tornando-a destaque entre as novas opções de cultivo, não se deve somente pela sua aparência diferenciada, mas também pelo seu sabor doce e suave, aliado às suas propriedades nutricionais e funcionais (LE BELLEC et al., 2006).

As pitayas apresentam características diversificadas de acordo com a espécie, dentre as quais podem ser citadas *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton e Rose (frutos com casca vermelha e polpa branca), *Hylocereus costaricensis* (frutos com casca vermelha e polpa vermelha), *Selenicereus megalanthus* (K. Schum ex Vaupel) (frutos com casca amarela com espinhos e polpa branca) e *Selenicereus setaceus* (Rizz.) (frutos com casca vermelha com espinhos e polpa branca) (LIMA, 2013).

A polpa de pitaya tem sido bastante utilizada na elaboração de doces, sucos e geléias. Embora inúmeros estudos tenham sido realizados sobre as características e propriedades físicas da pitaya (NORZIAH et al., 2008), em geral, a produção do pó de pitaya ainda necessita de estudos mais aprofundados.

Nas últimas décadas, estudos sobre a desidratação de polpa de frutas, tem crescido bastante. Conforme SOUZA (2011) esses estudos são voltados no sentido de aumentar a retenção das propriedades nutritivas e sensoriais do produto desidratado mediante alterações dos processos já existentes ou aplicação de novas técnicas.

As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais tem-se: a facilidade na conservação do produto; estabilidade dos componentes aromáticos a temperatura ambiente por longos períodos de tempo; proteção contra degradação enzimática e oxidativa; economia de energia, por não necessitar de refrigeração, e a disponibilidade do produto em qualquer época do ano (PARK et al., 2001).

Dentre os processos de secagem que transformam o produto líquido em sólido, na forma de pó, destacam-se a secagem por aspersão e a liofilização.

A secagem por aspersão (*spray drying*) tem por finalidade transformar a polpa de fruta em pó, através do processo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem. De acordo com (ANSELMO et al., 2006) esse processo proporciona a evaporação da água presente no alimento, como também a presença de um sorvedor para a remoção do vapor d'água da superfície do produto a ser seco, colaborando para um armazenamento prolongado e uma maior estabilidade e longevidade do produto.

A liofilização, segundo FREITAS et al. (2015), consiste na remoção total da água através da sublimação a baixas pressões, desta forma, o alimento deve estar previamente congelado. Conforme VIEIRA et al. (2012) os alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que emprega baixas temperaturas em seu processamento. Deste modo, o processo de liofilização deve produzir alimentos de forma menos degradada que os demais métodos de desidratação e também apresenta a vantagem de pouca perda de aroma e sabor (MUJUMDAR, 1995).

Durante a secagem ocorre mudanças estruturais e físicas entre as partículas dos pós o que afeta a qualidade final dos produtos desidratados. Desse modo, a utilização de agentes carreadores pode promover um melhor manuseio do produto final obtido, conferindo uma maior proteção contra a adsorção de umidade do ambiente e tornando-o menos higroscópico TONON et al. (2009). A maltodextrina é um agente carreador comumente empregado em secagens, em função de diminuir a higroscopicidade e pegajosidade do produto, conferindo ao processo um maior rendimento e eficiência.

1.1 - Objetivo geral

Realizar a secagem por aspersão e liofilização de polpas de pitayas vermelhas com polpa branca (*Hylocereus undatus* Haw. Britton e Rose) para obtenção de produtos em pó.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa branca de pitaya quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos;
- Preparar formulações com as polpas de pitayas brancas com adição de três diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%) e caracterizá-las quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos;

- Realizar a secagem por aspersão com temperatura do ar de secagem de 150 °C, e a secagem por liofilização na temperatura de -55 °C, das formulações elaboradas com as polpas de pitayas com diferentes concentrações de maltodextrina;
- Analisar as características químicas, físico-químicas e físicas nas amostras em pó obtidas em secador por aspersão e no liofilizador;
- Determinar as isotermas de adsorção de água a 25 °C nas amostras em pó obtidas através dos dois métodos de secagem;
- Avaliar o comportamento da melhor amostra em pó, acondicionada em embalagens laminadas, durante o armazenamento acelerado (20 dias) sob condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) através das análises a cada 10 dias dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos .

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 – Pitaya

O Brasil é um país que apresenta grande diversidade de clima e de solo o que possibilita o desenvolvimento de novas alternativas de cultivo, proporcionando a expansão da produção e da comercialização de frutas, dentre as quais se destaca a pitaya.

Conforme NUNES et al.(2014) é um fruto pertencente ao gênero *Hylocereus* é uma espécie de Cactaceae (Figura 2.1) exótica ao Brasil, que apresenta grande potencial alimentício e comercial, e que vem ganhando espaço no setor agrícola em nosso País.



Figura 2.1 - Planta cactácea do gênero *Hylocereus*

(Fonte: LIDER AGRONOMIA, 2012)

MARQUES et al. (2011) e MOREIRA et al. (2011) se reportam a pitaya como uma fruta pertencente ao grupo de frutíferas tropicais, consideradas promissoras para o cultivo, devido à sua aparência exótica, sabor doce e suave, polpa firme e às suas propriedades nutricionais e funcionais, além de ser uma fruta de aceitação crescente nos mercados consumidores. De acordo com DONADIO (2009) as principais espécies comerciais são a

pitaya de casca vermelha (*Hylocereus undatus*) e a de casca amarela (*Selenicereus megalanthus*).

LIAOTRAKOON et al. (2013) relataram que essas frutas são frequentemente mais consumidas na Malásia, principalmente as variedades *Hylocereus polyrhizus* (fruta do dragão vermelha) e *H. undatus* (fruta do dragão branco). A polpa apresenta cores que variam do vermelho púrpura brilhante ao branco, com inúmeras sementes escuras comestíveis que se encontram distribuídas por toda a polpa NUNES et al. (2014).



Figura 2.2 - Fruto de pitaya *Hylocereus undatus* com polpa branca
(Fonte: UNIÓN PUEBLA , 2014)

No Brasil as variedades disponíveis comercialmente são *H. undatus* (Figura 2.2) fruto de casca com coloração vermelha-rosa, com polpa branca e sementes escuras. Os frutos da pitaya vermelha de polpa branca (*H. undatus*) são muito atrativos ao consumidor (Figura 1), de sabor agradável e levemente adocicado. Esta pitaya tem origem em regiões de florestas tropicais do México e América Central e América do Sul (MIZRAHI et al., 1997). As frutas de pitaya são consideradas exóticas, pois apresentam características químicas e físicas peculiares que as diferenciam das demais quanto as suas características sensoriais (aparência, sabor, aroma, cor e textura), e, sobretudo a comercialização, em menor escala e volume.

Porém, segundo informações do SIEM (2013), em 2012 houve um aumento significativo de mais de 250% no volume de comercialização de pitaya na CEAGESP (Tabela 2.1).

Tabela 2.1 - Evolução da quantidade e preço médio da pitaya comercializada na CEAGESP, de 2007 a 2012

| | 2007 | 2012 |
|-----------|-----------------|-----------------|
| Mês | Quantidade (Kg) | Quantidade (Kg) |
| Janeiro | 9,138 | 48,411 |
| Fevereiro | 15,628 | 56,301 |
| Março | 34,104 | 59,034 |
| Abril | 8,988 | 59,553 |
| Maio | 1,485 | 26,247 |
| Junho | 156 | 3,687 |
| Julho | 228 | 9,867 |
| Agosto | 0 | 1,965 |
| Setembro | 72 | 6,720 |
| Outubro | 1,140 | 4,599 |
| Novembro | 1,031 | 2,442 |
| Dezembro | 9,612 | 20,274 |
| Total | 81,582 | 299,100 |

Fonte: SISTEMA DE INFORMAÇÃO E ESTATÍSTICA DE MERCADO, 2013.

Segundo pesquisas realizadas por BRUNINI e CARDOSO (2011), os preços da pitaya, em supermercados internacionais, nacionais e regionais, têm estimulado a intensificação de seu cultivo, mas tanto o produtor como o consumidor tem pouco conhecimento sobre a mesma. Embora tenha ocorrido à expansão da cultura, avalia-se que há uma perda considerável da produção, devido à falta de técnicas de conservação na fase pós-colheita para prolongar o período de comercialização, com manutenção da qualidade.

De acordo com (JAAFAR et al., 2009; LIAOTRAKOON et al., 2013) as pitayas são frutas que contém em sua composição química, compostos bioativos tais como flavonóides, vitamina C e compostos fenólicos.

NUNES et al. (2014) citaram que a pitaya é uma fruta que contém em sua composição centesimal muita umidade, poucos lipídios, e juntamente com outros alimentos, podem auxiliar para uma dieta equilibrada nutricionalmente, mas o que chama a atenção para inúmeros estudos é a quantidade de compostos bioativos, principalmente pigmentos e compostos fenólicos, geralmente relacionado com a defesa do vegetal.

A polpa de pitaya apresenta baixa acidez variando entre 2,4 e 3,4 g/ L, e seus principais ácidos orgânicos são o ácido cítrico e ácido láctico (STINTZING et al., 2003).

Essas frutas apresentam em sua composição centesimal baixo teor de vitamina C, na maioria das espécies essa quantidade de Vitamina C é menor que 11 mg/ L.

Já em relação ao teor de Fenólicos Totais sua concentração é bem maior em relação a Vitamina C. Segundo LIM et al. (2007) a polpa de pitaya da espécie *Hylocereus polyrhizus* apresentou conteúdo de fenólicos totais de 21 ± 6 mg GAE.100 g⁻¹. Enquanto, Choo et al. (2011) encontraram teor de $24,22 \pm 0,95$ mg GAE.100 g⁻¹ para a espécie *H. polyrhizus* e de $28,65 \pm 1,79$ GAE.100 g⁻¹ para a *Hylocereus undatus*.

A pitaya é considerada uma potencial fonte de ingredientes funcionais, que podem prevenir doenças relacionadas com a nutrição e melhorar o bem-estar físico e mental dos consumidores (WICHIENTHOT et al., 2010).

2.2 - Secagem

A secagem é um dos métodos mais simples utilizado para a preservação de alimentos, geralmente o produto é exposto a uma corrente de ar quente contínua, que promove a evaporação da umidade (RATTI, 2001). Este processo melhora a estabilidade do alimento uma vez que reduz consideravelmente a atividade de água deste, reduzindo a atividade microbológica e minimizando durante o armazenamento as mudanças físicas e químicas (MAYOR et al., 2004; HATAMIPOUR et al., 2007).

De acordo com LAGO (2010), os motivos para a aplicação da secagem são: aumentar o período de conservação do alimento através da inibição do crescimento de microrganismos, da atividade enzimática e de reações químicas, devido à redução da atividade de água; redução do peso e do volume facilitando e reduzindo custos de estocagem e transporte; e obtenção de novos produtos, com características sensoriais diferenciadas.

É importante a determinação de fatores que alterem a qualidade durante a desidratação, visto que a constante demanda por alimentos de alta qualidade requer que os produtos desidratados mantenham a qualidade nutricional e sensorial do produto fresco.

MAYOR et al. (2004) afirmaram que, durante a secagem por ar quente a principal mudança física que ocorre é a redução do volume externo, ocasionado pela perda de água e aquecimento.

CORRÊA et al. (2003) relataram que a avaliação do processo de secagem fornece informações relativas ao comportamento do fenômeno de transferência de calor e massa entre o material biológico e o elemento de secagem, normalmente o ar atmosférico, seja

aquecido ou não; essas informações são de grande importância para o projeto, operação e simulação de sistemas de secagem e secadores.

2.2.1 – Maltodextrina

Uma das principais dificuldades durante o processo de secagem é a ocorrência de problemas de viscosidade e de fluxo em sucos de frutas devido ao alto teor de açúcar (PAPADAKIS et al., 2006; TONON et al., 2009). Estes problemas estão associados com a elevada concentração do peso molecular de açúcares e ácidos orgânicos em sucos de frutas naturais contendo baixa temperatura de transição vítrea.

A modificação do amido ocorre devido a sua degradação parcial por meio do calor, utilizando ou não um catalisador ácido, em um mecanismo de conversão que envolve processos de hidrólise, reorganização de moléculas e repolimerização, originando as chamadas dextrinas (ARISTIZÁBAL & SÁNCHEZ, 2007).

Conforme MOORTHY (1994) o peso molecular das dextrinas é menor que o do amido nativo; e são produtos hidrossolúveis e possuem muitas aplicações industriais, como na fabricação de adesivos, selos, na indústria de fármacos e alimentícias, sendo utilizadas como agentes espessantes, em panificação, produtos de confeitaria, sucos, dentre outros produtos.

A maltodextrina é um polímero sacarídeo nutritivo, sem sabor adocicado, que possui dextrose equivalente (DE) menor que 20; polímeros com DE maiores que 20 são considerados xarope de glicose (OBON et al., 2009). Apresenta-se como pó branco ou solução concentrada, obtida a partir dos amidos de milho, batata ou arroz (FDA, 2003).

Na indústria alimentícia a utilização da maltodextrina como aditivo tem crescido bastante. Esses produtos são altamente solúveis em água, têm baixa viscosidade, sabor suave e forma soluções incolores (CAROLINA et al., 2007; SAÉNZ et al., 2009). As maltodextrinas são consideradas como sendo capazes de proteger os componentes alimentares sensíveis, tais como aroma, cor e compostos bioativos em condições ambientais desfavoráveis (FERRARI et al., 2012). São produtos relativamente baratos, disponíveis comercialmente e apresentam uma boa eficiência (KHA et al., 2010; RODRÍGUEZ- HERNÁNDEZ et al., 2005).

Os aditivos, tais como maltodextrinas, amidos, gelatina e goma arábica, são muitas vezes adicionados aos sucos de frutas, pois auxiliam no processo de secagem (SAÉNZ et al., 2009). Estes aditivos possuem temperatura de transição vítrea elevada, que auxiliam no

aumento da temperatura para solução de alimentação, reduzindo a pegajosidade e higroscopicidade do produto durante a secagem, aumentando, portanto, a eficiência e rendimento do processo.

As polpas de frutas submetidas ao processo de secagem por aspersão têm alto potencial econômico, devido ao seu peso e volume reduzido e por prolongar a vida útil do produto, o que facilita o manuseio, armazenamento, transporte e exportação (FERRARI et al., 2012).

2.2.2 - Secagem por aspersão

De acordo com AULTON (2002) o processo de secagem por aspersão apresenta várias vantagens: seleção adequada do equipamento com base nas características pretendidas para o produto final; controle da uniformidade e do tamanho das partículas do produto pela manipulação das variáveis do processo; processo contínuo, podendo ser alteradas condições de operação sem a necessidade de interrupção; rapidez e rendimento. Ainda conforme estes mesmo autores, a evaporação ocorre em frações de segundos, em virtude da formação de inúmeras gotículas que proporcionam uma grande área superficial para trocas térmicas e transferência de massa; baixa agressividade ao produto, o que a faz apropriada para produtos termossensíveis devido ao curto tempo de contato com a fonte de calor, podendo assim, ser empregada com sucesso na produção de produtos intermediários para fitomedicamentos; as partículas resultantes apresentam forma esférica uniforme e uma rápida dissolução, devido à grande área específica; e os custos do processo são baixos.

O emprego da secagem por aspersão apresenta como desvantagens: grandes dimensões nos equipamentos, com necessidade de instalações físicas adequadas; o custo inicial é alto, necessitando de investimento em instalações. No entanto, o valor do produto final pode justificar o ônus inicial (BROADHEAD et al., 1992; WENDEL et al., 1998).

A secagem por aspersão possui três etapas importantes (Figura 2.3). Na primeira fase, ocorre a dispersão do fluido na forma de gotículas, produzindo uma grande área superficial. Na segunda, as gotículas interagem, entram em contato com uma corrente de ar aquecido, onde há transferência de calor. Na terceira etapa ocorre a evaporação do solvente e formação da partícula sólida (RANKELL et al., 2001).



Figura 2.3 – Esquema da formação de uma partícula sólida na secagem por aspersão (CAO et al., 2000)

Nas gotículas, o líquido da superfície evapora-se rapidamente; isso ocorre devido a transferência de calor do ar aquecido. As partículas solidificadas geralmente apresentam a mesma forma e tamanho da gotícula que as originou. Na última etapa, o produto de secagem é transportado por uma corrente de ar, sendo posteriormente coletado por ciclone (BROADHEAD et al., 1992; SHAW, 1997; RANKELL et al., 2001).

De acordo com RANKELL et al. (2001) a evaporação superficial da gotícula acarreta à formação de uma camada de material seco externa. Por meio desta camada, o líquido situado no interior da gotícula propaga-se para o exterior. Serão produzidos distintos materiais secos como esferas intactas, com superfície imperfeita ou fragmentada, sólidas ou ocas, dependendo da elasticidade e da permeabilidade da crosta.

Um dos fatores mais relevantes afetado pelas condições de operação do processo é a qualidade do produto resultante. Tem que haver um controle das variáveis analisadas no processo, a fim de obter rendimento e teor de umidade adequada, estabilidade química, minimização da aderência de partículas na câmara de secagem (*sticking*) e características tecnológicas específicas. As propriedades do produto são determinadas por fatores relacionados às características do material de entrada e do processamento, isto é, parâmetros de operação e equipamento. Entre os fatores relacionados às características do

material de entrada, a utilização de adjuvantes no processo de secagem por aspersão é uma prática bastante comum. Os principais adjuvantes utilizados neste processo são: amido, ciclodextrinas, dióxido de silício coloidal, fosfato tricálcico, gelatina, goma arábica, lactose, maltodextrina entre outros (VASCONCELOS et al., 2005; SILVA JÚNIOR et al., 2006).

No processo, um dos parâmetros de grande importância é a temperatura do ar de entrada, sendo determinante na qualidade do produto. Com o aumento da temperatura de entrada o processo de secagem ocorre facilmente, pois normalmente reduz a tensão superficial e a viscosidade, facilitando a formação de gotículas (SOARES, 2002).

2.2.3 – Liofilização

Existem várias nomenclaturas que denominam esse tipo de desidratação, dentre elas a criodesidratação ou criosecagem, é um processo diferenciado de desidratação de produtos, pois ocorre em condições especiais de pressão e temperatura, possibilitando que a água previamente congelada (estado sólido) passe diretamente ao estado gasoso sem passar pelo estado líquido, ou seja, a mudança de estado físico ocorre por sublimação GARCIA (2009).

MOURA (2015) afirma que por se tratar de um método em que há utilização de baixas temperaturas e geralmente sob vácuo, esse processo é recomendado por produtos termossensíveis, biológicos, farmacêuticos, alimentos e produtos químicos, gerando produtos de boa qualidade em comparação a outras técnicas de secagem.

VIEIRA et al. (2012) abordaram que alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que emprega baixas temperaturas em seu processamento. Entretanto, seu custo é expressivamente maior quando comparado aos produtos secos por outras técnicas, necessitando-se, assim, de pesquisas que minimizem os custos operacionais, ofertando, dessa maneira, produtos a um preço competitivo. Além disso, a qualidade final do produto, considerando-se os aspectos nutritivos e sensoriais, também deve ser investigada para garantir alimentos seguros e nutritivos aos consumidores.

Para NAVAS (2006) a liofilização apresenta vantagens importantes como a manutenção da estrutura e aspecto do alimento, evita a degradação de substâncias termossensíveis, ajudando na manutenção de cor, sabor e aroma do alimento, o processo de

sublimação permite a formação de poros que são rapidamente reidratados, a umidade residual e atividade da água são baixas, evitando o crescimento de microorganismos e aumentando o período de conservação do alimento.

A liofilização tem como objetivo estabilizar alimentos por meio das múltiplas operações que o material é submetido durante as operações de congelamento, sublimação e secagem a vácuo, além do armazenamento do material seco, sob condições controladas. Dessa forma, obtêm-se produtos de mais alta qualidade, de reconstituição instantânea e que possuem longa vida de prateleira ALVES (2007).

2.3 - Atividade de água

Segundo WOLF et al. (1985) a qualidade e a vida útil de pós de polpas de frutas tem forte dependência com o seu teor de água, que exerce influência sobre a palatabilidade, digestibilidade, estrutura física e o manuseio. Todos os processos que causam deterioração em alimentos também são influenciados pela concentração e mobilidade da água presente. Tanto a intensidade quanto a taxa de deterioração de produtos alimentícios podem ser caracterizadas pela atividade de água.

A higroscopicidade em um produto é dada pela interação existente entre a água e outros componentes contidos no produto, que é muito marcante em produtos alimentícios e torna-se uma característica fundamental; influenciando nos processos de manuseio, processamento, estocagem e consumo (LABUZA, 1986).

TREYBAL (1963) afirmou que os materiais quando são expostos a uma determinada umidade reagem no sentido de ajustar sua própria umidade a uma condição de equilíbrio com o ambiente, e o ajuste ocorre quando a pressão de vapor da água na superfície do material se iguala à pressão de vapor da água do ar que o envolve.

De acordo com SAMANIEGO-ESGUERRA et al. (1991), MOREY et al. (1995) e CHEN & JAYAS (1998) os valores de umidade de equilíbrio dos produtos biológicos dependem da espécie, variedade, do teor de umidade inicial e principalmente da temperatura e umidade relativa do ambiente em que se encontram.

O estudo da atividade de água pode ser feito mediante a avaliação de isotermas, que consistem em curvas que descrevem a relação entre o conteúdo de umidade de equilíbrio dos alimentos e a atividade de água (a_w) para temperatura e pressão constantes (IGLESIAS & CHIRIFE, 1982). As isotermas de sorção (adsorção e dessorção) de umidade tem sido aplicadas na predição do tempo de secagem, da vida de prateleira, na seleção do tipo de

embalagem e ingredientes, na caracterização do produto, inclusive quando o mesmo é constituído por componentes de atividade de água diferentes e na otimização de equipamentos de secagem (PENA et al., 2000; STENCL, 2004).

A expressão atividade de água é um indicativo da intensidade das forças que unem a água aos outros componentes não-aquosos e, conseqüentemente, a água disponível para o crescimento de microrganismos e para que possam ocorrer diferentes reações químicas e bioquímicas (ORDÓÑEZ, 2005). Ainda conforme esse autor à medida que aumenta a temperatura, a atividade de água também aumenta porque cresce a pressão de vapor. No congelamento do alimento, formam-se cristais de gelo praticamente puros, enquanto que os solutos migram para a fase líquida, na qual se concentram cada vez mais. Deste modo, a atividade de água dos alimentos congelados, isto é, na presença de gelo, depende fundamentalmente da temperatura, não importando o tipo de solutos que estejam presentes. Ao contrário, quando se trata de alimentos não congelados, a a_w depende, sobretudo, da composição e, em menor quantidade, da temperatura.

Modelos matemáticos (Tabela 2.2) para predição de isotermas estimam valores de umidade de equilíbrio de vários produtos em função da umidade e também da temperatura do ar. Dentre os inúmeros modelos existentes os de GAB, Oswin e Peleg, são os mais utilizados em razão da sua boa precisão.

Tabela 2.2 - Modelos matemáticos para ajuste de isotermas de sorção

| Modelo | Equação |
|---------------|--|
| GAB | $X_e = \frac{x_m C k a_w}{(1 - k a_w)(1 - k a_w + C k a_w)}$ |
| Peleg | $X_{eq} = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2}$ |
| Oswin | $X_e = A \left(\frac{a_w}{1 - a_w} \right)^B$ |

3 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido 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).

3.1 - Matéria-prima

Foram utilizadas como matérias-primas pitayas vermelhas com polpa branca (*Hylocereus undatus* Haw. Britton e Rose) em estágio de maturação maduras cultivadas no Estado do Ceará, na região de Quixeré.

3.2 - Processamento dos frutos

As etapas do processamento para obtenção das polpas de pitaya estão dispostas em forma de fluxograma na Figura 3.1. Inicialmente, os frutos foram selecionados manualmente quanto ao estágio de maturação maduros, ausentes de danos mecânicos e podridão; em seguida, foram submetidos ao processo de lavagem em água corrente para a retirada de sujidades contidas na casca; posteriormente sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (200 ppm); depois passaram novamente pelo processo de lavagem em água corrente para a retirada do excesso da solução de hipoclorito de sódio; logo após os frutos foram partidos manualmente ao meio, com facas de aço inoxidável, e em seguida retirada a polpa com sementes. As sementes foram separadas da polpa por meio de prensagem (prensa hidráulica). Em seguida a polpa foi acondicionada em embalagens de polietileno de baixa densidade contendo aproximadamente 500 g; e armazenadas em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento da utilização nos experimentos.

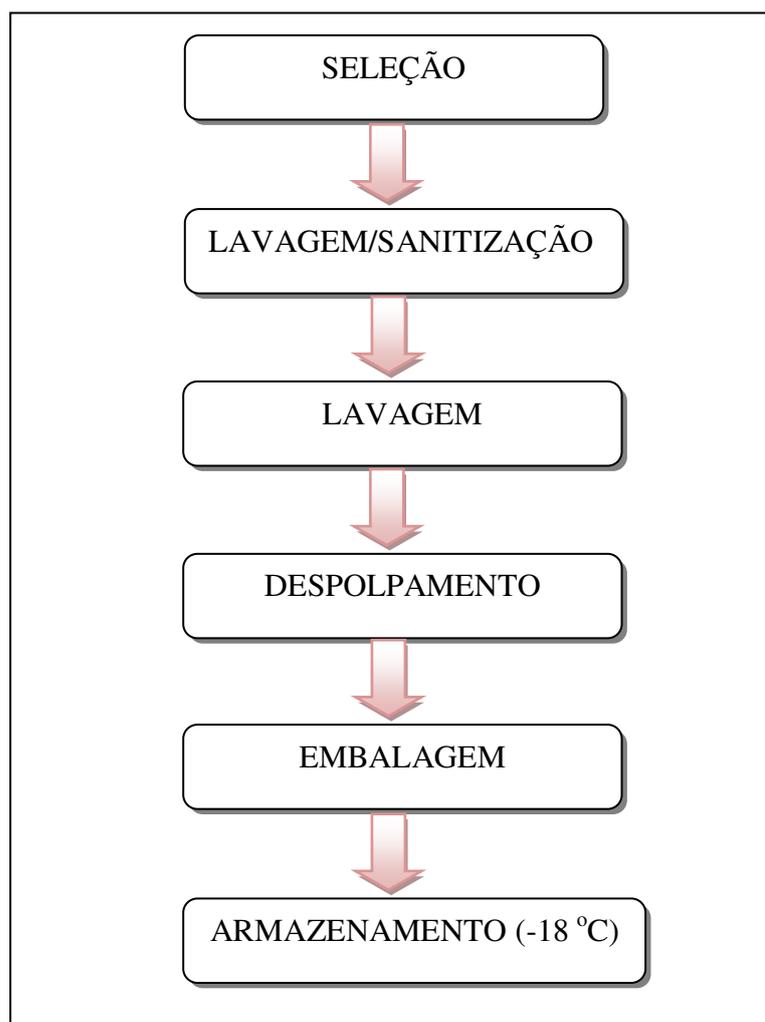


Figura 3.1 - Fluxograma das etapas para obtenção da polpa de pitaya

3.3 - Caracterização química, física e físico-química da polpa de pitaya

As polpas integrais de pitaya foram caracterizadas em triplicata, quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos, a seguir:

3.3.1 - Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos totais foram estimados a partir do método de Folin & Ciocalteu, descrito por WATERHOUSE (2011). Nesta metodologia é utilizado o carbonato de sódio e para a preparação da curva padrão foi utilizado ácido gálico, as leituras foram realizadas em espectrofotômetro.

3.3.2 - Cor

A avaliação da cor da polpa de pitaya foi determinada por leitura direta utilizando-se espectrofotômetro modelo MiniScan HunterLab XE Plus, com sistema de cor Cielab. O instrumento utilizado é equipado com iluminante D65/10° e foi calibrado com placas (preta e branca) padrão ($X = 80,5$, $Y = 85,3$, $Z = 90,0$), conforme instruções do fabricante. Os parâmetros determinados foram: L^* que representa a luminosidade, transição do branco (0) para o preto (100); a^* que representa a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$); e b^* a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

3.3.3 - Atividade de água (a_w)

A a_w das polpas integrais foi determinada por medida direta com o equipamento Aqualab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices na temperatura de 25 °C.

3.3.4 - Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a determinação do pH das amostras foi utilizado um medidor de pH da marca Tecnal, modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, através do método potenciométrico descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.3.5 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

A determinação dos SST expressos em °Brix foi realizada em temperatura ambiente, e determinados pelo método refratométrico, com refratômetro do tipo Abbe, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

3.3.6 - Teor de água

O teor de água foi determinado por secagem sob pressão reduzida à temperatura de 70 °C, até peso constante, através da metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005).

3.3.7 - Acidez total titulável

Para a determinação da acidez total titulável foi utilizado a metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (2005), pelo método acidimétrico cujas amostras foram tituladas com solução padronizada de NaOH 0,1 M e os resultados expressos em porcentagem de ácido cítrico.

3.3.8 - Açúcares redutores e não redutores

Para a determinação dos açúcares totais, redutores e não redutores foi determinado utilizando o método de redução alcalina (AOAC, 1997) com base na redução dos sais cúpricos e óxidos cuprosos presentes na solução de Fehling. Os resultados sendo expressos em porcentagem (p/p) de glicose.

3.3.9 - Cinzas

As cinzas foram determinadas segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2005), por calcinação em mufla a 550°C sendo o resultado expresso em porcentagem (%).

3.3.10 - Proteína bruta

O teor de proteína bruta, expresso em porcentagem (%), foi determinado através da metodologia descrita no manual do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

3.3.11 - Ácido ascórbico

A concentração de ácido ascórbico foi determinada conforme o método da AOAC (1997), modificado por BENASSI e ANTUNES (1988). Nesta metodologia, o ácido oxálico é usado como solução extratora e a metodologia se baseia na titulação da amostra com o sal 2,6 diclorofenolindofenol sódico, que apresenta cor rosa em solução ácida e cor azul em solução alcalina, sendo os resultados expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

3.4 - Preparo das formulações

A princípio foram feitos testes preliminares visando definir as concentrações de maltodextrina a serem adicionadas a polpa de pitaya. Após os testes foram elaboradas formulações com a polpa de pitaya e maltodextrina (MOR-REX[®], Corn Products Brasil), com dextrose equivalente (DE) igual a 10, nas concentrações de 25, 30 e 35%.

3.5 - Caracterização química, física e físico-química das formulações

As formulações elaboradas, antes de serem submetidas ao processo de secagem por aspersão e liofilização foram analisadas, em triplicata, com relação aos seguintes parâmetros químicos, físico-químicos e físicos: pH, sólidos solúveis totais (°Brix), teor de água/sólidos totais, acidez total titulável, açúcares totais, redutores e não redutores, proteína bruta, cinzas, ácido ascórbico, compostos fenólicos, cor e atividade de água de acordo com as metodologias citadas no item 3.3.

3.6 - Secagem por aspersão e liofilização

As formulações elaboradas com as polpas de pitaya e diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%) foram desidratadas por meio dos processos de secagem por aspersão e liofilização.

Para a secagem por aspersão foi utilizado o secador de bancada modelo LM MSD 1.0 da Labmaq do Brasil com bico atomizador. Inicialmente foram feitos testes preliminares para selecionar o bico aspersor (diâmetros testados: 0,7; 1,0 e 1,2 mm) e vazão da bomba peristáltica (0,20 a 1,00 L/h). Baseado nestes testes as formulações foram desidratadas no secador por aspersão com temperatura do ar de secagem de 150 °C, bico pneumático com diâmetro de 0,7 mm, vazão de bombeamento da polpa formulada de 0,5 L/h e vazão do ar comprimido de 0,3 L/min.

Na elaboração as formulações de pitaya destinadas à liofilização com diferentes concentrações de maltodextrina, foram inicialmente acondicionadas em formas plásticas e submetidas ao processo de congelamento direto das amostras com o ambiente resfriado em freezer a -18°C, por 48 h. Na sequência, as amostras foram liofilizadas na temperatura de -55° C em liofilizador de bancada da marca Liobras, modelo L101. Decorrido o tempo de

liofilização, que se deu após 48 h, a amostra foi desintegrada em almofariz com pistão, para obtenção dos pós.

3.7 - Análises nas amostras em pó

As amostras em pó obtidas a partir das secagens por aspersão e liofilização foram caracterizadas, em triplicata, quanto aos seguintes parâmetros químicos, físicos e físico-químicos: teor de água, pH, açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais, acidez total titulável, fenólicos totais, sólidos solúveis totais, proteínas, cinzas, ácido ascórbico, atividade de água e cor, de acordo com as metodologias descritas no item 3.3. Também foram realizadas a caracterização física dos pós obtidos pelos dois processos de secagem, foram caracterizados quanto aos seguintes parâmetros: rendimento, higroscopicidade, solubilidade, densidade absoluta, densidade aparente compactada, densidade aparente não compactada, porosidade, índice de Hausner e Carr, ângulo de repouso, molhabilidade e isothermas de adsorção de água de acordo as metodologias a seguir.

3.7.1 – Rendimento

O rendimento do pó foi obtido através da pesagem da amostra antes e após a secagem de acordo com a Equação 3.1:

$$R = \frac{M_f \times 100}{M_i} \quad (3.1)$$

onde:

R – rendimento (% m/m);

M_f - massa do produto em pó (g);

M_i – massa inicial da formulação (g).

3.7.2 – Higroscopicidade

Foi determinada de acordo com o método proposto por Cai & Corke (2000), com algumas modificações. As amostras em pó (cerca de 1 g) foram colocadas em um

recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós. A higroscopicidade foi expressa como g de água adsorvida por 100 g de massa úmida da amostra.

3.7.3 – Solubilidade

A solubilidade foi determinada pelo método de EASTMAN & MOORE (1984) e modificado por CANO-CHAUCA et al. (2005). Um grama de pó foi cuidadosamente adicionado em 100 mL de água sob alta velocidade de agitação em um agitador magnético por 5 min. O pó disperso em água foi centrifugado a 2600 rpm por 5 min. Uma alíquota de 25 mL do sobrenadante foi transferida para uma placa de Petri previamente pesada e submetida à secagem em estufa a 105 °C por 24 h. A solubilidade foi calculada de acordo com a Equação 3.2:

$$S = \left[\left(\frac{M_s}{M_a} \right) \times 4 \right] \times 100 \quad (3.2)$$

em que:

S - solubilidade;

M_s - massa dos sólidos dissolvidos no sobrenadante, g;

M_a - massa da amostra, g.

3.7.4 - Densidade absoluta (ρ_{abs}), densidade aparente não compactada (ρ_{ap}) e densidade aparente compactada (ρ_{apc})

A densidade absoluta (ρ_{abs}) foi determinada utilizando-se picnômetro de vidro de 25 mL a temperatura de 25 °C, usando-se hexano como líquido imiscível.

A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada a partir do método descrito por POLITI (2009), em que uma proveta de 100 mL foi previamente pesada e, posteriormente, preenchida com a amostra em pó. A densidade aparente foi determinada com os dados de volume e massa, expresso pela Equação 3.3:

$$\rho_{ap} = \frac{M_{pc} - M_{pv}}{V_p} \quad (3.3)$$

onde:

ρ_{ap} - densidade aparente

M_{pv} - massa da proveta vazia

M_{pc} - massa da proveta cheia

V_p - volume da proveta

A densidade aparente compactada (ρ_{apc}) foi determinada segundo a metodologia descrita por TONON (2009), em que 2 g do pó foram transferidos para uma proveta e compactados através do batimento da proveta (50 vezes sobre a bancada), sendo calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras conforme Equação 3.4:

$$\rho_{apc} = \frac{m}{v} \quad (3.4)$$

onde:

ρ_{apc} - densidade (g/cm³)

m - massa (g)

v - volume (cm³)

3.7.5 - Índice de compressibilidade (índice de Carr) e do Fator de Hausner (FH)

Segundo WELLS (1988), o índice de Carr (IC) e o Fator de Hausner (FH) representam as características de fluidez e compactabilidade de pós.

O IC foi determinado pela Equação (3.5):

$$IC(\%) = \frac{(\rho_c - \rho_a)}{\rho_c} \times 100 \quad (3.5)$$

O FH foi determinado pela Equação 3.6:

$$FH = \frac{\rho_a}{\rho_c} \quad (3.6)$$

onde:

ρ_a - densidade aparente das partículas (g/mL)

ρ_c - densidade compactada das partículas (g/mL)

3.7.6 - Porosidade

A porosidade das amostras foram calculada pela Equação 3.7 a partir da relação entre a densidade aparente e a densidade absoluta.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{ap}}{\rho_{abs}} \quad (3.7)$$

Onde:

ε - porosidade intragranular

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³)

ρ_{abs} - densidade absoluta (g/cm³)

3.7.7 - Ângulo de repouso

Para a determinação do ângulo de repouso da amostra analisada, na pilha de pó escoado através do funil, formada na placa de recolhimento, da determinação anterior, daí foram medidos o diâmetro (D) da pilha e sua altura (h), obtendo-se o ângulo de repouso (θ), de acordo com a Equação 3.8:

$$\theta = \frac{\text{arctg } 2h}{D} \quad (3.8)$$

3.7.8 – Molhabilidade

Foi utilizado o método de molhabilidade estático proposto por Freudig et al. (1999), com algumas modificações. Esse método consiste em depositar suavemente 1.000 mg de amostra sobre 100 mL de água destilada a 25 °C e determinar visualmente o tempo necessário para que todas as partículas se molhem. A molhabilidade foi calculada de acordo com a Equação 3.9:

$$M = \frac{N}{t} \quad (3.9)$$

em que:

M - molhabilidade;

N - massa da amostra, mg;

t - tempo, s.

3.7.9 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água das amostras em pó, foram determinadas utilizando-se o equipamento *Aqualab* modelo 3TE da Decagon Devices, na temperatura de 25 °C, utilizando-se o método especial indireto estático de CAPRISTE & ROTSTEIN (1982).

Os modelos matemáticos de GAB, Peleg e Oswin, utilizados para o ajuste das isotermas de adsorção de água das amostras de pitaya em pó, estão dispostos na (Tabela 2.2).

3.8 - Armazenamento acelerado das amostras em pó

Dentre as amostras em pó liofilizadas e secadas por aspensão, foi selecionada uma baseando-se nas análises da caracterização das mesmas. A melhor amostra em pó de pitaya, definida após análise dos resultados, foi submetida ao teste acelerado de vida-de-prateleira (TAPV) sob condições de temperatura e umidade relativa controlada.

As amostras em pó foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas e colocadas em recipientes de vidro hermético, contendo soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl), as quais propiciam um ambiente de umidade relativa média aproximada de

83%. Estes recipientes foram acondicionados em câmaras do tipo BOD nas temperaturas de 30 °C (condição ambiente) e 40 °C (condição acelerada). As amostras colocadas nestes ambientes foram analisadas a cada 10 dias durante 20 dias, determinando-se: o teor de água, acidez total titulável; ácido ascórbico; cor; atividade de água e solubilidade de acordo com as metodologias do item 3.3.

3.9 - Análise Estatística

Para analisar estatisticamente os dados físico-químicos das amostras em pó, foram aplicados a análise estatística utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.7 beta por meio de um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial (2x7), com 2 duas temperaturas (30 e 40 °C), sete tempos de armazenamento (0, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 dias) e 3 repetições. O teste de Tukey foi utilizado para comparação entre as médias.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização química, física e físico-química da polpa da pitaya integral

Os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros analisados na caracterização química, física e físico-química da polpa de pitaya integral estão expressos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Valores médios e o desvio padrão dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa de pitaya integral

| Parâmetros analisados | Média e desvio padrão |
|--|-----------------------|
| Atividade de água (a_w) | $0,986 \pm 0,01$ |
| pH | $4,50 \pm 0,01$ |
| Sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) | $9,00 \pm 0,00$ |
| Acidez total titulável (% ácido cítrico) | $0,31 \pm 0,00$ |
| Relação SST/ATT | $29,0 \pm 0,03$ |
| Ácido ascórbico (mg/100 g) | $2,00 \pm 0,01$ |
| Teor de água (%) | $90,12 \pm 0,30$ |
| Cinzas (%) | $0,74 \pm 0,02$ |
| Luminosidade (L^*) | $29,78 \pm 0,14$ |
| Intensidade de vermelho ($+a^*$) | $1,83 \pm 0,03$ |
| Intensidade de amarelo ($+b^*$) | $4,73 \pm 0,10$ |
| Açúcares redutores (% glicose) | $9,20 \pm 0,08$ |
| Açúcares não redutores (% sacarose) | $0,42 \pm 0,04$ |
| Açúcares totais (% glicose) | $9,65 \pm 0,05$ |
| Fenólicos totais (g/100 g) | $34,25 \pm 1,44$ |
| Proteínas (g/100 g) | $1,28 \pm 0,11$ |

Conforme os resultados das análises físico-químicas dispostos na Tabela 4.1 da polpa de pitaya integral, verifica-se que o valor médio de a_w foi de $0,986 \pm 0,01$, valor esse próximo ao encontrado por DINIZ et al. (2003) para a polpa de acerola que foi de $0,983$ a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$; e por VIANA (2010) para a polpa do cupuaçu integral que foi de $0,989 \pm 0,001$. O elevado teor de água justifica a atividade de água superior à $0,90$ o que requer a utilização de eficientes métodos de conservação com o propósito de minimizar o crescimento microbiano e redução de reações enzimáticas.

De acordo com o valor obtido, a polpa de pitaya apresentou pH de 4,50, semelhante ao encontrado por RUFINO et al. (2007). LIMA (2013) verificou em estudo da caracterização de Pitaya comercial e nativa do cerrado diferenças significativas no pH entre as espécies (*H. undatus* e *S. megalanthus*), com valores variando de 4,83 a 5,67. A baixa acidez desse fruto demanda cuidados principalmente durante a etapa de pós-colheita, sendo propício a proliferação microbiana, com a predominância de bolores e leveduras e de algumas espécies de bactérias, principalmente bactérias lácticas e algumas espécies de *Bacillus* (FRANCO et al., 2008).

O valor encontrado para os sólidos solúveis totais (SST) da polpa de pitaya integral foi 9,00 °Brix estando enquadrado na faixa aceitável, onde frutas maduras apresentam valores médios de SST entre 8 e 14 °Brix, o que se aproxima ao valor encontrado por (CHITARRA & CHITARRA, 2005). ABREU et al. (2012), obtiveram em estudo da caracterização físico-química da polpa branca de pitaya da espécie (*Hylocereus undatus*) o valor médio de (10,83 ± 0,40 °Brix). As variações no teor de SST dependem da espécie, local de cultivo, condições edafoclimáticas, estágio de maturação, entre outros fatores, entretanto (BRUNINI et al., 2011; LIMA et al., 2010) obtiveram valores médios de 13 °Brix para as espécies *H. polyrhizus*.

A acidez total titulável da polpa de pitaya foi superior ao quantificado por ABREU et al. (2012) para a polpa de pitaya branca que foi de 0,20 ± 0,05% ácido cítrico; por MELO (2008) para a polpa integral do fruto de mandacaru que foi de 0,22 ± 0,002% ácido cítrico; por ABREU et al. (2012) para as polpas branca e vermelha de pitaya com valores que de 0,20% (*H. undatus*) a 0,24% (*S. polyrhizus*).

O valor médio para relação SST/ATT encontrado no presente estudo foi de 29,0, apresentando valor inferior ao obtido por MARCELLINI et al. (2003) em estudo da caracterização físico-química da atemoia, em que obteve-se o valor médio de 65,93.

LE BELLEC et al. (2006) ao analisarem os constituintes nutricionais da pitaya verificaram que é uma fruta com baixo conteúdo de vitamina C. Valores superiores de ácido ascórbico foram encontrados por MELLO (2014) para a polpa da pitaya (*Hylocereus undatus*) cujo valores foram de 7,62 ± 2,21 mg/100 g e 2,87 ± 0,59 mg/100 g para as safras de 2011 e 2012, respectivamente.

Observa-se que o valor médio obtido do teor de água foi de 90,12 ± 0,30%, sendo maior que os valores encontrados por LE BELLEC et al. (2006) para a polpa de pitaya da espécie (*Hylocereus* ssp.) que variaram de 82 a 88%; e por NUR 'ALIAA et al. (2010) que encontraram teor de água de 87,73% na polpa da pitaya sem semente; semelhante ao valor

indicado por MELO (2008) para polpa integral do fruto de mandacaru que foi de 90,71%. Este alto teor era esperado visto que a maioria das frutas apresentam alto teor de água. Para o parâmetro cinzas observou-se teor de $0,74 \pm 0,02\%$, valor superior ao encontrado por SATO et al. (2014) em polpas de pitayas vermelhas provenientes dos municípios de Castanhal e Tomé-Açu que variou de 0,69 a 0,65%; por OLIVEIRA et al. (2010) que quantificaram 0,36% de cinzas (*Hylocereus polyrhizus*); e por ABREU et al. (2012) em pitayas branca (*Hylocereus undatus*) que relataram valor médio de 0,39%.

Avaliando-se os resultados obtidos para os parâmetros de cor da polpa integral de pitaya foram determinados os atributos de luminosidade (L^*) com valor médio de 29,78, intensidade de vermelho ($+a^*$) com valor médio de 1,83 e intensidade de amarelo ($+b^*$) com valor médio de 4,73. Como não foi aplicado nenhum tipo de tratamento térmico, podem ter ocorrido reações enzimáticas de escurecimento que culminaram na redução da luminosidade. Os resultados obtidos evidenciam que a coloração da polpa de pitaya tem a predominância da intensidade de amarelo sobre a intensidade de vermelho. MELO et al. (2008a) verificaram na polpa integral do fruto do mandacaru valor da luminosidade de 33,06 próximo ao da polpa de pitaya, e a intensidade de amarelo ($+b^*$) de 1,77 e intensidade de vermelho ($+a^*$) de 0,54, valores inferiores ao da polpa do presente trabalho.

Observa-se que os valores obtidos de açúcares redutores 9,20% de glicose e açúcares não redutores 0,42% sacarose, foram próximo a aos valores encontrados por MELLO (2014) para a pitaya (*H. undatus*) de 9,54% de glicose e 0,50% de sacarose. O teor de açúcares totais foi 9,65% de glicose, valor superior ao encontrado por ABREU et al. (2012) de 8,45% de glicose em pitaya de polpa branca.

Observa-se que o valor obtido para os fenólicos totais da polpa de pitaya foi inferior ao encontrado por MELLO (2014) em pitaya (*H. undatus*) que foi de 52,13 mg EAG/100 g; e superior ao encontrado por FU et al. (2011) que foi de 27,52 mg EAG/100 g na polpa branca de pitaya.

Quanto ao teor de proteínas a polpa de pitaya apresentou um conteúdo de 1,28%, superior ao determinado por MELLO (2014) que foi de 0,84% na polpa de pitaya (*H. undatus*). Esse conteúdo varia consideravelmente conforme observado em diversos estudos, em que os valores encontrados estão entre 0,3 a 1,5% STINTZING et al. (2001) e (CARLE, 2003).

4.2 - Caracterização química, física e físico-química das formulações

Os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros da caracterização química, física e físico-química das formulações elaboradas com polpa de pitaya integral e maltodextrina em diferentes concentrações (25, 30 e 35%) estão expressos na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Valores médios e desvios padrão da caracterização química, física e físico-química das diferentes formulações elaboradas com polpa de pitaya e diferentes concentrações de maltodextrina

| Parâmetros | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|--|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Teor de água (%) | 70,92 ± 0,15 a | 69,54 ± 0,17 b | 66,35 ± 0,05 c |
| Sólidos solúveis totais (°Brix) | 25,16 ± 0,29 c | 26,33 ± 0,58 b | 30,16 ± 0,29 a |
| pH | 4,47 ± 0,01 ab | 4,46 ± 0,01 b | 4,48 ± 0,01 a |
| Acidez total titulável (% ác. cítrico) | 0,26 ± 0,00 a | 0,25 ± 0,00 b | 0,24 ± 0,00 c |
| Relação SST/ATT | 96,77 ± 0,02 c | 105,32 ± 0,02 b | 125,67 ± 0,02 a |
| Cinzas (%) | 0,51 ± 0,02 a | 0,46 ± 0,01 b | 0,41 ± 0,02 c |
| Açúcares redutores (% glicose) | 11,76 ± 0,26 b | 12,02 ± 0,08 b | 12,43 ± 0,03 a |
| Açúcares não redutores (% sacarose) | 0,52 ± 0,02 c | 0,75 ± 0,08 b | 0,76 ± 0,03 a |
| Açúcares totais (% glicose) | 12,31 ± 0,29 b | 12,90 ± 0,02 a | 13,23 ± 0,01 a |
| Luminosidade (L*) | 42,35 ± 0,27 c | 43,92 ± 0,31 b | 45,16 ± 0,12 a |
| Intensidade de vermelho (+a*) | 1,44 ± 0,06 b | 1,49 ± 0,12 b | 1,69 ± 0,07 a |
| Intensidade de amarelo (+b*) | 6,17 ± 0,05 b | 7,31 ± 0,27 a | 7,99 ± 0,15 a |
| Atividade de água (a _w) | 0,981 ± 0,00 a | 0,981 ± 0,00 a | 0,980 ± 0,00 a |
| Proteínas (%) | 0,81 ± 0,03 a | 0,79 ± 0,04 a | 0,77 ± 0,01 a |
| Fenólicos totais (g/100 g) | 23,11 ± 2,11 a | 21,55 ± 0,10 a | 20,58 ± 3,25 a |
| Ácido ascórbico (mg/100 g) | 1,50 ± 0,01 a | 1,20 ± 0,00 b | 1,05 ± 0,00 c |

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

Observa-se que o teor de água encontrado das formulações diminuiu significativamente, a 5% de probabilidade de acordo com Tukey, com o aumento da concentração de maltodextrina. Comportamento semelhante foi verificado por GALDINO (2011) para os teores de água da polpa de figo-da-índia com diferentes concentrações de

maltodextrina, (25, 30 e 35%) com teores de 73,648%, 69,738% e de 63,111%, respectivamente.

Em relação ao teor de sólidos solúveis totais (SST), o comportamento foi inverso ao do pH, ocorrendo aumento significativo de SST com aumento da concentração de maltodextrina.

Verifica-se que não houve uma tendência definida do pH com o aumento da concentração de maltodextrina, em razão dos valores muito próximos, variando de 4,46 a 4,48. OLIVEIRA et al. (2006), analisando os parâmetro físico-químicos da polpa de pitanga integral e formulada (15% de maltodextrina) reportaram valores de pH de 3,05 e 3,04.

Constata-se que houve decréscimo significativo da acidez total titulável com o aumento da concentração de maltodextrina. Tal comportamento ocorreu devido a redução da concentração dos ácidos orgânicos presentes na polpa. SOUSA et al. (2015) também verificaram para a formulação contendo 50% de polpa de atemoia + 50% de água destilada e 25% de maltodextrina diminuição na acidez com a incorporação do aditivo.

Na relação SST/ATT observa-se o aumento dos valores com o aumento da concentração de maltodextrina, esse aumento era previsto em razão do aumento de SST e da redução de ATT visto que a adição de maltodextrina na formulação acarreta alteração nas proporções dos ácidos orgânicos e dos sólidos solúveis totais. Este mesmo comportamento foi na pesquisa de SOUSA et al. (2015) observaram aumento da relação de SST/ATT comparando a polpa integral de atemoia com a polpa formulada de atemoia com 25% de maltodextrina (DE-10).

Observa-se que o aumento da concentração da maltodextrina acarretou redução estatisticamente significativa do conteúdo de minerais da polpa formulada. Este fato se explica pela incorporação do amido parcialmente hidrolisado (maltodextrina) que demonstrou ausência ou pequena quantidade de componentes minerais. O teor de cinzas da polpa integral de pitaya foi de 0,74% sendo maior que o da amostras formuladas (0,51; 0,46 e 0,41%). Resultados similares foram encontrados por SANTOS et al. (2013) comparando a polpa integral de caju com a polpa formulada de caju com 10% de maltodextrina, passando de 0,28% para 0,23%.

Em virtude da incorporação da maltodextrina à polpa de pitaya, observou-se que houve uma tendência de acréscimo nos teores dos açúcares redutores, não redutores e totais. Isso é explicado em razão do agente carreador maltodextrina apresentar em sua estrutura unidades de glicose e maltose (DAIÚTO et al., 2003; KENNEDY et al., 1995).

Os níveis dos açúcares redutores nas formulações foram superiores à dos açúcares não redutores.

Analisando os resultados obtidos para os parâmetros de cor (luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo) observa-se que o parâmetro luminosidade (L^*) aumentou significativamente com o aumento da concentração do aditivo. O aumento da concentração de maltodextrina à polpa proporciona um clareamento da amostra, uma vez que quanto mais próximo do valor 100, mais clara a amostra, isto ocorre em razão da maltodextrina possuir cor esbranquiçada. Comparando-se com a polpa integral com as polpas formuladas nota-se que as formuladas são mais claras com os valores aumentando de 29,78 para em média 43,81.

A intensidade de vermelho ($+a^*$) foi inferior a intensidade de amarelo ($+b^*$), indicando nas polpas formuladas predominância da cor amarela sobre a vermelha. Observa-se que com o aumento da concentração de maltodextrina foi evidenciado uma tendência de aumento na intensidade de vermelho e amarelo.

Com relação a atividade de água (a_w) das polpas formuladas nota-se que as médias apresentaram valores estatisticamente iguais entre todas as amostras, com média geral de aproximadamente 0,981.

As polpas formuladas apresentaram valores de proteínas que variam de 0,77 a 0,81%, sem diferenças significativas, sendo tais valores menores do que o da polpa de pitaya integral que foi de 1,28%. Este comportamento era previsto em razão da maltodextrina ser um amido o que acarreta a redução nos conteúdos de proteínas. Em estudo realizado por OLIVEIRA et al. (2006) com a polpa de pitanga integral e formulada com 15% de maltodextrina e 30% de água destilada, foi verificado valores semelhantes ao do presente estudo com tendência de decréscimo nos valores.

Em relação aos fenólicos totais observa-se que as médias não diferiram significativamente entre as três formulações com valores variando entre 20,58 a 23,11 g/100g.

Observa-se que houve redução significativa nos teores de ácido ascórbico com o aumento da concentração de maltodextrina.

4.3 - Caracterização química, física e físico-química dos pós de pitaya

Na Tabela 4.3 e 4.4 tem-se o rendimento dos pós obtidos através da secagem por aspersão e pela secagem por liofilização das diferentes formulações.

4.3.1 - Rendimento

O rendimento dos pós obtidos pelos dois métodos de secagem por aspersão e liofilização foram calculadas pelo emprego da Equação (3.1).

4.3.1.1 – Pós obtidos através da secagem por aspersão

Realizaram-se o preparo das polpas formuladas com a incorporação do aditivo maltodextrina DE = 10 à polpa de pitaya nas concentrações de (25, 30 e 35%), seguindo posteriormente a desidratação pelo método de secagem por aspersão em que foi utilizada temperatura de ar de secagem de 150°C com o propósito de verificar o rendimento do pó obtido, deste modo, observou-se que houve uma variação do rendimento de 1,65% para polpa formulada com 25% de maltodextrina e de 2,81 % para polpa formulada com 35% do agente carreador.

É possível observar que o rendimento do pó obtido pelo método de secagem por aspersão é baixo quando comparado ao método por liofilização, visto que há perda de produto nessa secagem devido os fatores de temperatura elevada e composição química da polpa por se tratar de uma fruta com alto teor de açúcares, a utilização da concentração de 25% maltodextrina não impediu o processo de caramelização da polpa de pitaya nas paredes da câmara de secagem o que explica o baixo rendimento do produto em relação ao rendimento dos pós com concentrações de 30 e 35 % do aditivo em que a caramelização da polpa formulada foi menor, apresentando rendimento pouco acima do rendimento da polpa com 25% do aditivo, conforme apresentado na Tabela 4.3.

Tabela 4.3 – Rendimento dos pós obtidos através da secagem por aspersão elaborados com polpa de pitaya (*Hylocereus undatus*) e diferentes concentrações de maltodextrina (DE=10).

| Concentração (%) | Polpa formulada | Pó atomizado | Rendimento (%) |
|------------------|-----------------|--------------|----------------|
| | Massa (g) | | |
| 25 | 621,09 | 10,26 | 1,65 |
| 30 | 602,85 | 15,70 | 2,60 |
| 35 | 667,44 | 18,68 | 2,81 |

4.3.1.2 – Pós obtidos através da secagem por liofilização

Realizaram-se o preparo das polpas formuladas com a incorporação do aditivo maltodextrina DE = 10 à polpa de pitaya nas concentrações de (25, 30 e 35%), seguindo posteriormente a desidratação pelo método de secagem por liofilização com temperatura de ar de secagem de -55° C. Observou-se que o método por liofilização apresentou melhor desempenho, visto que o rendimento foi satisfatório quando comparado com o método de secagem por aspersão, esse comportamento era previsto visto que, não houve perda de produto nessa secagem e a incorporação de sólidos com posterior eliminação da água no produto liofilizado restando os sólidos presentes na amostra e os sólidos representados pelo agente carreador, ou seja, é possível assumir que o rendimento máximo da secagem da polpa de pitaya foi de 18,44 % a 31,29%.

Tabela 4.4 – Rendimento dos pós obtidos através da secagem por liofilização elaborados com polpa de pitaya (*Hylocereus undatus*) e diferentes concentrações de maltodextrina (DE=10).

| Concentração (%) | Polpa formulada | Pó liofilizado | Rendimento (%) |
|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| | Massa (g) | | |
| 25 | 759,00 | 139,94 | 18,44 |
| 30 | 672,75 | 185,62 | 27,59 |
| 35 | 716,58 | 224,28 | 31,29 |

4.3.2- Caracterização química e físico-química

Na Tabela 4.5 são apresentados os valores médios do teor de água dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina. Observa-se, tanto no secador por aspersão quanto no liofilizador, que ocorreu uma redução significativa do teor de água dos pós com o aumento da concentração de maltodextrina. Corroborando com as observações de PEDRO (2009) que reportou que existe uma tendência de que, com o aumento da concentração de maltodextrina, ocorra um decréscimo no teor de água do produto final. Esse comportamento foi evidenciado no estudo de melancia em pó realizado por QUEK et al. (2007) em que foi verificado que a

adição de maltodextrina proporcionou um aumento no teor de sólidos e consequentemente na redução da quantidade de água para evaporação.

Resultados semelhantes foram reportados por MOURA (2015) em estudo de liofilização de polpas de pitaya. O autor relatou que o aumento da concentração de maltodextrina ocasionou diminuição do teor de água, estando em acordo com o observado para os pós de pitaya.

TONON et al. (2009) em estudo sobre a influência da temperatura e da concentração do agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó, reportaram o mesmo comportamento do presente estudo, o decréscimo dos valores com a adição de 20% de maltodextrina, com redução de 2,56 para 0,66% de umidade. A redução da umidade com a adição da maltodextrina foi reportado por OLIVEIRA et al. (2006) em estudo comparativo da polpa de pitanga integral e formulada em pó, obtendo redução da umidade de 8,12 para 7,64% de umidade.

Comparando-se o teor de água entre os secadores para uma mesma concentração de maltodextrina, nota-se que no liofilizador obteve-se os menores teores de água quando comparado com o secador por aspersão.

Tabela 4.5 –Valores médios do teor de água (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|--------|--------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 5,95aA | 4,92aB | 4,36aC |
| Liofilizador | 4,51bA | 2,47bB | 1,77bC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,38; Diferença mínima significativa para coluna = 0,31; Média geral = 3,99%; Coeficiente de variação (%) = 4,41; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tem-sena Tabela 4.6 os valores médios do pH dos pós de pitaya com diferentes concentrações de maltodextrina,nota-se que o comportamento deste parâmetro foi oposto ao verificado para a acidez total titulável (ATT) em que os valores de pH apresentaram tendência de aumento com o acréscimo da concentração de maltodextrina.Esse comportamento já era previsto, visto que tais parâmetros são inversamente relacionados.Observa-se que não houve diferença significativa entre os pós com 25 e 30% de maltodextrina desidratadas em secador por aspersão e nem entre as amostras com concentrações de 30 e 35% de maltodextrina liofilizadas.

Constata-se que apenas a formulação liofilizada com 25% de maltodextrina permaneceu dentro da faixa dos alimentos classificados como ácidos com $\text{pH} \leq 4,5$.

Comparando-se os pós com a mesma concentração de maltodextrina entre os diferentes secadores percebe-se que nas amostras com 30 e 35% de maltodextrina o pH foi maior nas amostras liofilizadas e nas amostras com 25% de maltodextrina o pH foi maior na amostra secada por aspersão.

Comportamento similar foi relatado por SOUSA et al. (2015) ao estudarem a caracterização físico- química da polpa integral de atemóia e da formulação elaborada com 25% de maltodextrina, apresentando valores de pH da atemóia em pó próximos ao verificado nesse estudo.

Tabela 4.6 –Valores médios do pH dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 4,92 aB | 4,93 bB | 4,95 bA |
| Liofilizador | 4,55bB | 5,16aA | 5,17aA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,02 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,01; Média geral = 4,94; Coeficiente de variação (%) = 0,16; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores médios da luminosidade (L^*) dos pós de pitaya podem ser verificados na Tabela 4.7. Observa-se o acréscimo dos valores com o aumento da concentração de maltodextrina nos dois tipos de secadores empregados indicando que os pós nas concentrações de 35% de maltodextrina nos dois tipos de secadores são mais claros, ou seja, mais próximo do branco.

Comparando-se as médias de L^* entre os tipos de secadores para uma mesma concentração de maltodextrina, constata-se que houve diferença significativa entre os pós, exceto entre os pós com 35% de maltodextrina. Nota-se que as amostras com 25 e 30% de maltodextrina apresentaram maiores valores de L^* (mais claras) nas amostras secadas por aspersão.

PEDRO (2009) reportou que a adição de aditivos causa um aumento no valor do parâmetro L^* do pó quando comparado com a fruta seca sem aditivos, este efeito é atribuído à dissolução dos pigmentos presentes nos sucos pela adição dos aditivos, resultando em pós mais claros. LEE et al. (2013) encontraram valor superior de

luminosidade, em estudo de secagem de pitaya (*Hylocereus undatus*) em Spray Dryer com 30% de maltodextrina em que obtiveram valor médio de luminosidade de 96,1.

No estudo de SOUSA et al. (2015) foi evidenciado aumento da luminosidade com o acréscimo da concentração de maltodextrina em polpa de atemóia em pó, se assemelhando ao comportamento do presente estudo. A cor é um parâmetro importante que define a qualidade do produto e na escala de cor quanto mais próximo do valor de 100 mais a amostra se aproxima da cor branca, fato que explica a proximidade dos valores obtidos em estudo, visto que se trata de um pó de coloração clara.

Tabela 4.7 – Valores médios da luminosidade (L^*) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina.

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 79,39 aC | 80,12 aB | 82,15 aA |
| Liofilizador | 76,45 bC | 77,44 bB | 82,49 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,622 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,508 ; Média geral = 79,67 %; Coeficiente de variação (%) = 0,36 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.8 se encontram os valores médios da intensidade de vermelho ($+a^*$) dos pós de pitaya. Observa-se que houve tendência de redução de $+a^*$ com o aumento da concentração de maltodextrina. SOUSA et al. (2015) observaram avaliando o parâmetro de cor intensidade de vermelho ($+a^*$) em polpa de atemóia que ocorreu uma redução de 6,44 para 5,32 com a adição de maltodextrina.

Comparando-se os valores de $+a^*$ entre os tipos de secadores, verifica-se que na liofilização as médias obtidas foram superiores as médias obtidas na secagem por aspersão, significando que houve uma tendência a uma coloração com maior intensidade de vermelho.

LEE et al. (2013) encontraram em pó de pitaya (*Hylocereus undatus*) com 30% de maltodextrina, secado em secador por aspersão na valores de intensidade de $+a^*$ variando de 0,15 a 0,69, sendo próximo ao do pó com 35% de maltodextrina (secador por aspersão) do presente estudo.

Tabela 4.8 – Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 1,06 bA | 0,92 bB | 0,57 bC |
| Liofilizador | 2,35 aA | 2,23 aA | 2,01 aB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,13 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,10 ; Média geral = 1,523 %; Coeficiente de variação (%) = 3,81 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verifica-se na Tabela 4.9 os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) dos pós de pitaya. Observa-se que houve influência do agente carreador sobre os valores de +b*, com tendência de redução da intensidade de amarelo quanto maior a concentração de maltodextrina.

Observa-se que os valores obtidos para este parâmetro apresentaram uma variação entre os dois tipos de secadores nas diferentes concentrações de maltodextrina, com as amostras desidratadas pelo método de secagem por aspersão apresentando uma coloração com menor intensidade de amarelo.

Constata-se que na menor concentração de maltodextrina (25%) torna-se propício para se obter um produto com maior intensidade de amarelo, o que confirma a influência desse agente carreador na intensidade de amarelo do pó de pitaya.

MOURA (2015) reportou em estudo da caracterização físico-química da polpa branca de pitaya com três concentrações de maltodextrina a redução da intensidade de amarelo com o aumento da concentração de maltodextrina, em que a coordenada (+b*), apresentou variação de 7,36 (25% de maltodextrina) a 10,89 (15% de maltodextrina).

Tabela 4.9 – Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 6,23 bA | 5,19 bB | 4,83 bB |
| Liofilizador | 10,90 aA | 9,65 aB | 8,27 aC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,43 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,35 ; Média geral = 7,51 %; Coeficiente de variação (%) = 2,63 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.10 são apresentados os valores médios da acidez total titulável (ATT) dos pós de pitaya. Comparando-se os valores entre os tipos de secadores observa-se que a ATT dos pós liofilizados com 25 e 35% de maltodextrina apresentaram médias superiores ao do secador por aspersão, e no pó com 30% de maltodextrina as médias foram estatisticamente iguais entre os dois secadores. Comportamento previsto em razão da temperatura utilizada (150° C, na secagem por aspersão) ser responsável pelo aumento do pH da amostra e, conseqüentemente, diminuição da acidez. De acordo com MELO (2008) outro fator que corrobora com esse comportamento é a oxidação dos ácidos orgânicos devido o fator temperatura, quanto maior a temperatura maior a oxidação dos mesmos.

Nota-se, para os dois secadores, que houve tendência de decréscimo de ATT com o aumento da concentração de maltodextrina. SANTOS et al. (2014) reportaram ao caracterizarem a polpa de goiaba integral e atomizada adicionada de 10% de maltodextrina e 50% de água destilada a diminuição da ATT de 0,43 para 0,24 mg 100 g⁻¹.

Tabela 4.10 – Valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 0,92 bA | 0,82 aB | 0,61 bC |
| Liofilizador | 0,96 aA | 0,83 aB | 0,79 aC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,04 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,03 ; Média geral = 0,823 %; Coeficiente de variação (%) = 2,21 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.11 estão dispostos os valores médios da atividade de água dos pós de pitaya desidratados em diferentes secadores e com diferentes concentrações de maltodextrina. De acordo com BARBOSA (2010), a atividade de água é um índice de grande importância para os alimentos desidratados, devido a sua influência sobre a vida útil do pó produzido. Altos teores de a_w indica mais água livre disponível para reações bioquímicas e, conseqüentemente, vida útil mais curta.

No estudo realizado por QUEK et al. (2007) foi evidenciado que alimentos com atividade de água menores que 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de microrganismos.

Os valores obtidos de a_w em ambos os secadores forma inferiores a 0,6, indicando que são estáveis com relação as alterações microbiológicas. Observa-se que ocorreu uma redução na atividade de água com o aumento da concentração de maltodextrina, em ambos os secadores.

Comparando-se a_w entre os secadores para os pós com a mesma concentração de maltodextrina, verifica-se que não houve diferença significativa entre os pós de pitaya com 25% de maltodextrina e nas amostras com 30 e 35% de maltodextrina os pós liofilizados apresentaram menores valores de a_w . LEE et al. (2013) reportaram em estudo com pós de pitayas (*Hylocereus polyrhizus* e *H. undatus*) a redução da atividade de água como a adição da maltodextrina, com valores de atividade de água (0,35–0,31) superiores ao do presente estudo. O mesmo comportamento foi encontrado por QUEK et al. (2007) analisando as propriedades físico-químicas dos pós de melancia adicionadas de 3 e 5% de maltodextrina, desidratadas em secador por aspersão, encontraram valores de atividade de água de 0,29 a 0,20, sendo próximos aos do presente estudo.

Tabela 4.11 – Valores médios de atividade de água (a_w) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 0,27 aA | 0,25 aB | 0,24 aB |
| Liofilizador | 0,28 aA | 0,14 bB | 0,10 bC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,02 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,01 ; Média geral = 0,214 %; Coeficiente de variação (%) = 3,79 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.12 estão apresentados os valores médios dos sólidos solúveis totais (SST) dos pós de pitaya com diferentes concentrações de maltodextrina. Evidencia-se uma tendência de acréscimo no teor de SST com o aumento da concentração de maltodextrina, esse acréscimo pode ser explicado pela maior concentração de açúcares nos tratamentos aplicados.

Comparando-se os valores de SST entre os tipos de secadores observa-se que para os pós liofilizados os valores de SST foram maiores do que na secagem por aspersão.

MELO (2008) comparando os SST do mandacaru em pó com a polpa de mandacaru integral observou que houve um acréscimo de 53,41%, comportamento esperado em razão da eliminação de parte da água contida na amostra causando a concentração dos sólidos

solúveis totais. Comportamento semelhante foi encontrado por SANTOS et al. (2014) em estudo com polpa de goiaba integral e atomizada, reportaram que por se tratar de um produto concentrado devido a retirada de água como também a adição de maltodextrina, o pó apresentou teor médio, significativamente superior quando comparado a polpa integral de goiaba.

Tabela 4.12 – Valores médios dos sólidos solúveis totais (°Brix) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 62,33 bB | 70,33 bA | 72,03 bA |
| Liofilizador | 74,17 aB | 86,67 aA | 87,07 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 2,68 ; Diferença mínima significativa para coluna = 2,19 ; Média geral = 75,43 %; Coeficiente de variação (%) = 1,63 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.13 estão dispostos os valores médios do teor de ácido ascórbico dos pós de pitaya. Constata-se que com o aumento da concentração de maltodextrina houve uma redução do teor de ácido ascórbico.

Entre os secadores verifica-se que para uma mesma concentração de maltodextrina os teores de ácido ascórbico foram maiores nas amostras liofilizadas. A temperatura utilizada na secagem por aspersão influenciou negativamente o teor de ácido ascórbico dos pós de pitaya, sendo atribuída a sensibilidade desse parâmetro ao calor.

COSTA et al. (2014) reportaram ao caracterizarem físico- quimicamente a polpa de graviola integral e desidratada com diferentes concentrações de maltodextrina(15, 30 e 45%) a redução do teor de vitamina C, com o aumento da concentração do aditivo obtendo valores de 18,90; 14,48 e 11,26 mg/100g de vitamina C, respectivamente.

LANCHA et al. (2012) observaram ao caracterizarem os pós de pitanga e jabuticaba, secados em secador por aspersão com diferentes concentrações de maltodextrina e temperaturas, comportamento similar ao do presente estudo, em que nos ensaios com 5% de maltodextrina, o fator que mais influenciou a retenção de vitamina C foi a baixa concentração do agente carreador.

BREDA et al. (2013) em estudo da caracterização química da polpa de cajá-manga como também do pó desidratado pelo método de secagem em camada de espuma,

verificaram valores de vitamina C na polpa de cajamanga desidratada em pó que variaram de 8,04 a 10,79 mg/100g de ácido ascórbico.

Por se tratar de uma vitamina quimicamente mais estável, a retenção do ácido ascórbico é utilizada como um índice de qualidade nutricional durante as etapas de processamento e estocagem (FENNEMA et al., 2008).

Tabela 4.13 – Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100 g) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 1,80 bA | 1,49 bB | 1,20 bC |
| Liofilizador | 5,97 aA | 4,77 aB | 3,57 aC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,02 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,01 ; Média geral = 3,13 %; Coeficiente de variação (%) = 0,26 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na tabela 4.14 se apresentam os valores médios dos açúcares redutores (% glicose) dos pós da polpa de pitaya. É possível verificar que o aumento da concentração de maltodextrina favoreceu a redução significativa de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade dos valores para os dois tipos de secadores aplicados nesse estudo. Nota-se que o teor de açúcares redutores para as amostras liofilizadas variou entre 34,02 a 37,71% de glicose; e para as amostras desidratadas pelo método de aspersão variou entre 36,75 a 40,99%. Mesmo comportamento foi reportado por CANUTO et al.(2014), em que obtiveram redução dos açúcares redutores nas duas formulações de pós de polpa de mamão liofilizados, os autores reforçam que o comportamento se deu devido a adição de maltodextrina nas concentrações de (5 e 15 %).

Tabela 4.14 – Valores médios de açúcares redutores dos pós da polpa de pitaya com três concentrações de maltodextrina.

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 40,99 aA | 38,29 aB | 36,75 aC |
| Liofilizador | 37,71 bA | 37,17 bB | 34,01 bC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,293 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,239 ; Média geral = 37,49 %; Coeficiente de variação (%) = 0,36 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.15 estão dispostos os valores médios dos açúcares totais dos pós da polpa de pitaya com diferentes concentrações de maltodextrina desidratadas em diferentes secadores.

Percebe-se que ocorreu redução significativa dos açúcares totais à medida que a concentração maltodextrina aumentava, tanto nos pós obtidos por liofilização quanto por aspersão, indicando haver diluição de hidratos de carbono da polpa com incrementos de aditivos, estando em conformidade com as observações de CANUTO et al. (2014) que ao desidratarem polpa de mamão com adição de 0, 5 e 15% de Maltodextrina perceberam que os açúcares totais também reduziram com o aumento da concentração de adjuvante de secagem.

Considerando- se uma mesma concentração de maltodextrina, percebeu-se que os açúcares totais foram superiores no pó atomizado o que pode está relacionado a reações de hidrólise de oligossacarídeos favorecidas pela temperatura elevada do secador utilizado e do baixo valor de pH da formulação.

Tabela 4.15 – Valores médios de açúcares totais dos pós da polpa de pitaya com três concentrações de maltodextrina.

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 41,38 aA | 39,43 aB | 38,00 aC |
| Liofilizador | 38,96 bA | 38,81 bA | 34,46 bB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,259 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,212 ; Média geral = 38,51 %; Coeficiente de variação (%) = 0,31 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na tabela 4.16 estão dispostos os valores médios de açúcares não redutores dos pós de pitaya. Como esperado houve um aumento da concentração dos açúcares não redutores, em qualquer método de secagem empregado, uma vez que a maltodextrina ainda que possua unidades de açúcares redutores é formada em sua maior parte por polissacarídeos e oligossacarídeos (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2016), o que justificaria a elevação dessa variável com incrementos do aditivo. Este comportamento também foi evidenciado por OLIVEIRA et al. (2014) que ao estudar as características químicas e físicas de cajá liofilizado evidenciaram que a adição de 17% de maltodextrina ocasionou elevação dos açúcares não redutores.

Em uma mesma concentração de maltodextrina nota-se que os valores de açúcares não redutores foram estatisticamente iguais para as concentrações de 25 e 35% indicando que o método de secagem empregado apresenta menos influência nos resultados em comparação a concentração de adjuvante de secagem. Apesar disso, observou-se que para a concentração de 35% o pó obtido por liofilização revelou a maior concentração de açúcar não redutor, provavelmente relacionado ao menor teor de umidade obtido nesse pó que promoveria maior concentração desse constituinte.

Tabela 4.16 - Valores médios de açúcares não redutores dos pós da polpa de pitaya com três concentrações de maltodextrina.

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 0,36 aB | 1,09 aA | 1,17 bA |
| Liofilizador | 0,42 aC | 1,04 aB | 1,69 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,14 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,12 ; Média geral = 0,97 %; Coeficiente de variação (%) = 6,81 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Na Tabela 4.17 observam-se os valores médios dos fenólicos totais dos pós de pitaya. Nota-se que os valores não apresentaram diferença significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, entre as médias das amostras produzidas com concentrações de 25 e 30 e 35% de maltodextrina para os dois tipos de secador. Verifica-se que a temperatura empregada nos secadores teve influência no teor defenólicos totais, com as amostra do secador por aspersão apresentando os maiores valores. LANCHETA et al. (2012) determinaram os compostos fenólicos dos pós de jaboticaba, secados com diferentes concentrações de maltodextrina e temperatura do ar do secador por aspersão de 140°C, indicando que o fator que exerceu maior influência na redução de fenólicos totais foi a concentração do aditivo, obtendo valores que variaram de 775,14 a 771,91 mg/100g b.s, para as concentrações de 5 e 10% de maltodextrina.

Segundo RAMAMOORTHY & BONO (2007) em estudo sobre o efeito da maltodextrina adicionada ao suco de pitaya e o conteúdo de fenólicos totais e a atividade antioxidante do pó de pitaya, relataram que a secagem por aspersão preserva em extratos secos o maior teor de atividade antioxidante e flavonóides, em comparação com o extrato que é desidratado sob vácuo. Nesse estudo os autores obtiveram conteúdos de polifenóis para o pó de pitaya com 10, 15, 20% de maltodextrina de 252,5; 210,6 e 222,5 mg de ácido

gálico/ 100 g de pó, respectivamente. Os teores de fenólicos se mantiveram mais altos nas amostras desidratadas na secagem por aspersão do que nas amostras liofilizadas.

Tabela 4.17 – Valores médios de fenólicos totais (g/100g) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 139,05 aA | 134,20 aA | 119,17 aA |
| Liofilizador | 76,31 bA | 75,75 bA | 63,57 bA |

Diferença mínima significativa para linha = 29,35 ; Diferença mínima significativa para coluna = 23,98 ; Média geral = 101,34 %; Coeficiente de variação (%) = 13,31 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.18 estão dispostos os valores de proteínas dos pós de pitaya com diferentes concentrações de maltodextrina e diferentes secadores. Percebe-se que não houve influencia significativa, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, do aumento da concentração de maltodextrina e do tipo de secador, com os pós apresentados médias sem diferença estatística. OLIVEIRA et al.(2006) verificaram para a pitanga em pó com 15% de maltodextrina, desidratada em secador por aspersão, valor de proteínas superior ao do presente estudo. Reportaram que o processo de secagem permite a remoção de água presente no material isso possibilita a concentração de sólidos na massa restante, incluindo proteínas, lipídios e carboidratos, resultando em maior quantidade por unidade de peso nos produtos desidratados do que nos produtos in natura.

Tabela 4.18 – Valores médios de proteínas dos pós de obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 1,26 aA | 1,26 aA | 1,26 aA |
| Liofilizador | 1,25 aA | 1,25 aA | 1,26 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,04 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,03 ; Média geral = 1,26 %; Coeficiente de variação (%) = 1,43 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Na Tabela 4.19 verifica-se que os valores das cinzas apresentaram tendência de redução com o aumento da concentração de maltodextrina nas amostras dos dois

secadores. Comportamento semelhante foi encontrado por MOURA (2015) para os pós da polpa branca de pitaya com diferentes concentrações de maltodextrina, em que verificou tendência de redução dos minerais com o aumento do agente carreador.

Entre os secadores observa-se que não houve diferenças significativas entre o teor de cinzas das amostras com a mesma concentração de maltodextrina.

O maior teor de cinzas foi encontrado para a amostra desidratada em secador por aspersão na concentração de 25% de maltodextrina.

Tabela 4.19 – Valores médios de cinzas (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 1,57 aA | 1,43 aA | 1,04 aB |
| Liofilizador | 1,39 aA | 1,29 aAB | 1,12 aB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,25 ; Diferença mínima significativa para coluna = 0,21 ; Média geral = 1,31 %; Coeficiente de variação (%) = 8,99 ; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

4.3.3 – Caracterização física dos pós de pitaya

Têm-se na Tabela 4.20 os valores médios de solubilidade dos pós de pitaya produzidos por liofilização e secagem por aspersão. Observa-se que para qualquer método de secagem utilizado, o aumento da concentração de maltodextrina elevou significativamente a solubilidade em água dos pós, o que já era esperado, haja vista que essa propriedade é uma importante característica das maltodextrinas no que se refere às suas aplicações (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2016).

A solubilidade da pitaya em pó foi superior a 90% em todos os experimentos, relacionado não apenas a presença do adjuvante de secagem, mas também aos açúcares, ácidos orgânicos e outros componentes solúveis das amostras (SOGI et al., 2015). Comparando-se os valores de solubilidade em uma mesma concentração de maltodextrina, percebe-se superioridade para as amostras secadas por aspersão, corroborando as observações de KUCK & NOREÑA (2016) que reportaram, ao realizarem microencapsulação de extrato fenólico de cascas de uva pelos métodos de liofilização e secagem por aspersão, que as amostras obtidas no secador por aspersão (94,3 a 97,99%) tiveram maiores solubilidades em comparação às amostras liofilizadas (85,96 a 88%).

Os autores atribuíram os resultados ao tamanho da partícula do pó que foi menor para as amostras do secador por aspersão, o que garantiu maior área superficial disponível para a hidratação.

Apesar de algumas diferenças, pôde-se perceber que todas as amostras avaliadas detiveram valores de solubilidade relativamente próximos, sendo mínima a dispersão dos valores em uma mesma concentração de maltodextrina, o que pode estar relacionado a padronização de operações para obtenção das polpas formuladas com o adjuvante de secagem, como por exemplo o refino para remoção de partículas em suspensão, o que pode ter contribuído na proximidade dos resultados.

Tabela 4.20 - Valores médios da solubilidade (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 96,55 aB | 96,70 aB | 97,28 aA |
| Liofilizador | 94,47 bC | 95,14 bB | 96,10 bA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,3188; Diferença mínima significativa para coluna = 0,2605; Média geral = 96,041%; Coeficiente de variação (%) = 0,15; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Estão apresentados na Tabela 4.21 os valores médios da higroscopicidade dos pós de pitaya produzidos por liofilização e secagem por aspersão. Nota-se que incrementos de maltodextrina promoveram tendência de redução da higroscopicidade dos pós produzidos tanto no liofilizador quanto no secador por aspersão. Comportamento similar ao observado por COSTA et al. (2014) que, ao estudarem as características físicas e químicas de pó de graviola obtido em secador por aspersão, relataram que o aumento da concentração de maltodextrina (15, 30 e 45%) ocasionou queda da higroscopicidade das amostras. De acordo com KUCK & NOREÑA (2016), a higroscopicidade de polpas de frutas em pó está relacionada com os açúcares de baixo peso molecular e ácidos orgânicos com baixa temperatura de transição vítrea, além do conteúdo de água. Como foi observado que a adição de maltodextrina promoveu reduções dos teores de açúcares redutores e acidez total titulável, era de se esperar que a sua adição à pitaya reduzisse a higroscopicidade dos produtos desidratados.

Em uma mesma concentração de aditivos, percebe-se que os pós de pitaya foram mais higroscópicos para as amostras secas por aspersão, na maioria dos experimentos (30 e

35% de maltodextrina), o que segundo MAN et al. (1999) pode estar relacionado ao tamanho das partículas dos produtos, que normalmente são maiores para os produtos liofilizados quando comparados com os produtos secos por pulverização. Isso favorece uma maior adsorção de água nos produtos obtidos em secador por aspersão, devido a maior área superficial exposta ao ambiente. Resultados similares foram reportados por CHRANIOTI et al. (2016) ao realizarem secagem, de glicosídeos de *Stevia rebaudiana* com diferentes proporções de maltodextrina e inulina, em estufa, secador por aspersão e liofilizador, em que a higroscopicidade foi mais baixa para as amostras obtidas por liofilização.

Tabela 4.21 - Valores médios de higroscopicidade (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 21,51 bA | 21,31 aA | 20,12 aB |
| Liofilizador | 23,71 aA | 19,84 bB | 19,49 bB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,5096; Diferença mínima significativa para coluna = 0,4163; Média geral = 21,0%; Coeficiente de variação (%) = 1,11; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores médios de molhabilidade dos pós de pitaya produzidos por liofilização e secagem por aspersão estão dispostos na Tabela 4.22. Houve tendência de elevação da molhabilidade das amostras com o aumento da concentração de maltodextrina, tanto na secagem por aspersão quanto por liofilização, significando haver necessidade de menor tempo para que as partículas de pós se molhem provavelmente devido á maior capilaridade (VISSOTO et al., 2006), estando diretamente relacionado a solubilidade, que também foi elevada com adições de adjuvante. Resultados semelhantes foram reportados por OLIVEIRA (2012) ao produzirem mandacaru em pó em secador por aspersão, em que relatou que o aumento da concentração de maltodextrina ocasionou elevação da molhabilidade, estando em acordo com o observado para os pós de pitaya.

Os dados de molhabilidade variaram de 3,23 a 42,60 mg/s, sendo que, para um mesmo nível de aditivo, os pós obtidos por liofilização tiveram valores consideravelmente mais elevados que os secados por aspersão, possivelmente relacionados à morfologia das partículas, uma vez que VISSOTO et al. (2006) apontaram que a molhabilidade pode estar relacionada a fatores físicos, especialmente tamanho e forma dos grânulos. Apesar de

alguns autores apontarem que a molhabilidade é inversamente relacionado ao tamanho das partículas (FERRARI et al., 2012), deve-se considerar que produtos liofilizados apresentam estruturas porosas (ZOTARELLI et al., 2012) que, mesmo desintegradas, preservam boa parte dos ductos devido a formação de partículas desorganizadas e de diferentes tamanhos. Essa irregularidade de tamanho de partículas, característica de produtos obtidos por liofilização, pode ter favorecido a elevação da molhabilidade, concordando com VISSOTO et al. (2006) que afirmaram que o espaço intersticial apresentado por partículas grandes e de forma irregular reduz o tempo de molhagem. Assim, os poros presentes nos pós de pitaya provavelmente facilitaram a capilaridade da água, reduzindo então o tempo de molhagem das partículas.

Tabela 4.22 - Valores médios de molhabilidade (mg/s) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 3,23 bB | 4,25 bA | 4,53 bA |
| Liofilizador | 7,13 aC | 13,57 aB | 42,59 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,6925; Diferença mínima significativa para coluna = 0,5657; Média geral = 12,554 mg/s; Coeficiente de variação (%) = 2,53; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Podem ser verificados na Tabela 4.23 os valores médios da densidade aparente dos pós de pitaya produzidos por liofilização e secagem por aspersão. Observa-se que o aumento da concentração de maltodextrina ocasionou dois comportamentos distintos nas densidades aparente dos pós de pitaya, relacionados a algumas peculiaridades de cada método de secagem. Os pós produzidos em secador por aspersão revelaram elevação da densidade aparente com o incremento do aditivo, provavelmente devido ao fato da maltodextrina ter contribuído para formação de partículas menores que, por conseqüência, favoreceram a obtenção de produtos com menor espaço intersticial (CAPARINO et al., 2012; FERRARI et al., 2012a,b) de modo a elevar a densidade aparente. Esse comportamento está em concordância com LANCHETA et al. (2012) que ao secarem polpas de pitanga e jabuticaba em secador por aspersão observaram que o aumento da concentração de maltodextrina ocasionou elevação da densidade aparente. Em relação aos pós de pitaya liofilizados, houve redução da densidade aparente com o aumento da concentração de adjuvante de secagem, o que pode estar relacionado à maior difusão de

água nas amostras com maior teor de aditivo que favoreceu a obtenção de material mais poroso e, conseqüentemente, menos denso. Além disso, a obtenção de grânulos maiores nos produtos liofilizados pode ter contribuído para valores de densidade aparente mais baixos nos pós obtidos por esse método de secagem. Devido a essas características, em uma mesma concentração de aditivo houve tendência de valores de densidade aparente mais elevados para os pós secados por aspersão, com dados variando entre 0,46 a 0,57 g/cm³, aproximando-se dos valores publicados por SANTIAGO-ADAME et al. (2015) em infusão de canela com maltodextrina produzida em secador por aspersão (0,536 a 0,554 g/cm³) e por SOUSA et al. (2015) em atemoia em pó obtida em secador por aspersão, com valores de 0,458 e 0,561 g/cm³.

Tabela 4.23 - Resultados médios de densidade aparente (g/cm³) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 0,49 aC | 0,54 aB | 0,57 aA |
| Liofilizador | 0,49 aA | 0,48 bA | 0,46 bB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,0141; Diferença mínima significativa para coluna = 0,0115; Média geral = 0,511 g/cm³; Coeficiente de variação (%) = 1,27; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.24 estão dispostos os valores médios de densidade compactada dos pós de pitaya produzidos por liofilização e em secador por aspersão. Durante a compactação ocorre remoção de boa parte do ar da amostra em pó, com conseqüente redução de volume (ALBERO, 2000). Isso favoreceu a elevação da densidade compactada nos pós produzidos em secador por aspersão a medida que a concentração de maltodextrina era elevada. Esse comportamento esteve relacionado, possivelmente, ao tamanho das partículas de pó que segundo a literatura (CAPARINO et al., 2012; FERRARI et al., 2012a,b) são menores em amostras obtidas em secador por aspersão em comparação às produzidas em liofilizador. Além disso, a adição de aditivo contribui para grânulos de menores tamanhos em produtos secados por aspersão (LANCHA et al., 2012).

Durante a aplicação de pressão, as partículas de pós com dimensões menores tendem melhor a ser organizar no recipiente onde estão acondicionados, de modo a haver redução de volume com conseqüente redução de ar entre as partículas dos pós de pitaya e elevação da densidade de compactação, uma vez que a massa da amostra continua constante. Já nas amostras liofilizadas, apesar da aplicação de pressão promover remoção

de ar do pó, o que ocasionou redução de volume da amostra, o que se notou foi que o aumento da concentração de maltodextrina reduziu a densidade compactada, o que está relacionado, provavelmente, à existência de poros no interior da partícula de pó. Como o aumento do teor de aditivo favoreceu a obtenção de produtos com menores teores de água, provavelmente a amostra liofilizada formulada com maiores concentrações de maltodextrina apresentou maiores quantidades de dutos de ar intra-partícula que permaneceram praticamente inalterados com a aplicação de pressão, justificando assim o menor valor para a densidade compactada. Em virtude disso, em uma mesma concentração de aditivos, observou-se que a densidade compactada foi significativamente maior para as amostras produzidas por aspersão.

Tabela 4.24 - Valores médios de densidade compactada (g/cm^3) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 0,69 aC | 0,71 aB | 0,76 aA |
| Liofilizador | 0,68 bA | 0,66 bB | 0,63 bC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,0096; Diferença mínima significativa para coluna = 0,0078; Média geral = 0,689 g/cm^3 ; Coeficiente de variação (%) = 0,64; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.25 têm-se os valores médios da densidade real dos pós de pitaya produzidos por liofilização e secagem por aspersão. Constata-se que a elevação da concentração de maltodextrina ocasionou redução da densidade real em ambos os métodos de desidratação empregados, estando em conformidade com Lancha et al. (2012) que ao produzirem pós de pitanga e jabuticaba em secador por aspersão relataram que o aumento da concentração de adjuvante de secagem promoveu redução da densidade real. Para os pós de pitaya secados por aspersão, esse comportamento está diretamente relacionado à redução do tamanho da partícula deste produto (NUNES et al., 2009), enquanto que para as amostras liofilizadas, a redução da densidade real provavelmente está relacionada a existência de poros intra-partícula que ficaram mais evidentes com o aumento da concentração de aditivo, como já foi relatado, favorecendo desse modo a redução da densidade real.

Comparando-se os pós produzidos em uma mesma concentração de maltodextrina, verifica-se que as amostras secas no secador por aspersão detiveram densidade real inferior

àquelas obtidas em liofilizador, discordando dos resultados de CORRÊA et al. (2011) que ao desidratarem marolo por liofilização e com ar aquecido, para obtenção de farinha, constataram densidade real inferior para o produto obtido em liofilizador. Isso pode estar relacionado ao fator de produtos liofilizados apresentarem normalmente partículas com maiores tamanhos que as secadas por aspersão, o que favoreceria a obtenção de produto com maior densidade real. Além disso, mesmo podendo haver a influência da porosidade do grânulo, observou-se que a quantidade de poros foi muito próximos em todos os níveis de aditivo utilizados (Tabela 4.26) o que pode ter anulado o seu efeito nos resultados deste parâmetro em particular. Os valores de densidade real variaram que 1,11 a 1,31 g/cm³, aproximando-se dos resultados encontrados por GOMES et al. (2002) em acerola em pó produzida por secagem em leito de jorro (1,313 g/cm³) e por SOUSA et al. (2015) em pó de atemoia produzido em secador por aspersão, com a amostra obtida na câmara de secagem (1,26 g/cm³) revelando densidade real superior a amostra coletada do ciclone (1,42 g/cm³).

Tabela 4.25 - Valores médios de densidade real (g/cm³) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 1,17 bA | 1,11 bB | 1,13 bB |
| Liofilizador | 1,31 aA | 1,28 aB | 1,26 aC |

Diferença mínima significativa para linha = 0,0191; Diferença mínima significativa para coluna = 0,0156; Média geral = 1,206 g/cm³; Coeficiente de variação (%) = 0,73; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Estão dispostos na Tabela 4.26 os valores médios da porosidade dos pós de pitaya produzidos por liofilização e em secador por aspersão. Observa-se que esse parâmetro apresentou dois comportamentos distintos para as amostras obtidas em secador por aspersão e no liofilizador, reduzindo significativamente com o aumento da concentração de maltodextrina nas amostras produzidas pelo primeiro método de desidratação e permanecendo estatisticamente constante nos pós liofilizados. Foi possível estabelecer correlação inversa da porosidade com a densidade aparente, confirmando as observações de CAPARINO et al. (2012) que ao avaliarem características físicas de pós de manga obtidos por diferentes métodos de secagem evidenciaram que a densidade aparente e a porosidade apresentaram-se inversamente relacionados, ou seja, as amostras de menor

porosidade foram aquelas de maior densidade aparente. A redução da porosidade com incrementos de maltodextrina nos pós de pitaya secados por aspersão deve-se a redução do tamanho das partículas do pó, que reduzem os espaços intra-granular pela maior acomodação dos grânulos, estando coerente com a observação de CANOVAS et al. (2005) que afirmaram que o tamanho da partícula do pó pode resultar em mudanças na porosidade. LANCHETA et al. (2015) reportaram redução da porosidade em pós de pitanga e jabuticaba produzidas em secador por aspersão com o aumento da concentração de maltodextrina, corroborando os dados desta pesquisa. Como esperado, os de pitaya liofilizados detiveram dados de porosidade mais elevados, com resultados superiores a 60%, enquanto que as amostras secadas por aspersão apresentaram valores de 47,49 a 57,28%, aproximado ao resultado de CAPARINO et al. (2012) em manga secada por aspersão, com cerca de 50% de porosidade.

Tabela 4.26 - Valores médios de porosidade (%) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 57,28 bA | 51,60 bB | 47,49 bC |
| Liofilizador | 62,01 aA | 62,26 aA | 62,80 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 1,3657; Diferença mínima significativa para coluna = 1,1158; Média geral = 57,24%; Coeficiente de variação (%) = 1,10; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os valores médios do fator de Hausner dos pós de pitaya produzidos por liofilização e em secador por aspersão estão apresentados na Tabela 4.27. Observa-se que com o incremento de maltodextrina houve tendência de redução do fator de Hausner dos pós avaliados, com decréscimos de respectivamente 5,7% e 3,0% para as amostras secadas por aspersão e liofilizadas. Isso já era esperado, visto que a incorporação de adjuvantes de secagem permite a obtenção de pós menos higroscópicos, mais 'soltos' e de manuseio mais facilitado (MOSQUERA et al., 2012). Os dados de fator de Hausner variaram entre 1,308 e 1,387, sendo inferiores ao resultado apresentado por HEBERLÉ et al. (2000) ao secarem por aspersão *Cecropia glazioui*, com valor de 1,782. VILLANOVA et al. (2012) afirmaram que dados do fator de Hausner próximos a 1,25 indicam baixa coesividade, enquanto que resultados maiores que 1,5 indicam boa coesividade. Os autores ainda relataram que normalmente valores abaixo de 1,25 podem ser correlacionados a um bom fluxo e acima

de 1,25, a um fluxo ruim, já que coesividade e fluxo são inversamente proporcionais. Assim, os pós de pitaya foram classificados como de fluxo intermediário, com valores situados dentro da faixa de 1,25 e 1,50 (VILLANOVA et al., 2012), o que pode refletir em certa dificuldade de escoamento, especialmente se os pós ficarem expostos por períodos prolongados em ambientes com umidades relativas elevadas.

Nota-se que em um mesmo nível de aditivo, os pós liofilizados revelaram tendência de fatores de Hausner mais elevados, indicando que estas seriam as amostras com maior coesão entre as partículas e, provavelmente, também entre as paredes e equipamentos e funis de envase.

Tabela 4.27 - Valores médios de fator de Hausner dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 1,39 aA | 1,31 bB | 1,30 bB |
| Liofilizador | 1,38 aA | 1,37 aA | 1,34 aB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,0129; Diferença mínima significativa para coluna = 0,0106; Média geral = 1,351; Coeficiente de variação (%) = 0,44; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4.28 estão disponíveis os valores médios do índice de Carr dos pós de pitaya produzidos por liofilização e em secador por aspersão. Houve tendência de redução do índice de Carr com o aumento da concentração de maltodextrina, correlacionando-se com o fator de Hausner que também foi decrescido.

O índice de Carr, assim como o fator de Hausner, permite a avaliação da estabilidade de empacotamento de um material particulado. Valores baixos de índice de Carr configuram pós com maior estabilidade de empacotamento. Por isso, esse índice é também considerado um método indireto para avaliação do fluxo (HEBERLÉ et al., 2000).

De acordo com Villanova et al. (2012), valores de índice de Carr entre 0,5 e 0,15 são indicativos de fluxo excelente e valores entre 0,12 e 0,16 indicam um bom fluxo. Entretanto, valores maiores que 0,23 até 0,35 são atribuídos a materiais cuja fluidez é pobre. Logo, os pós de pitaya deste trabalho apresentaram-se como de fluxo dificultoso, o que poderia refletir em problemas durante etapas importantes como o envase e, especialmente, durante o armazenamento, por causa da tendência de coesão dos grânulos de pós, o que limitaria o seu uso.

Os resultados do índice de Carr apresentaram relação com o fator de Hausner, que também apontou problema de coesividade dos produtos. Esses valores variaram entre 0,23 e 0,28, aproximando-se dos resultados encontrados por CARBINATTO et al. (2011) ao estudaram as características físicas de extrato de *Gymnema sylvestre* em pó, com dados de 0,2496 a 0,2691, e sendo inferior ao valor de HEBERLÉ et al. (2000) ao secarem por aspersão *Cecropia glazioui*, que foi de 0,4388. Confrontando-se os índices de Carr das amostras secadas por aspersão e liofilizadas, em uma mesma concentração de maltodextrina, percebeu-se que as obtidas pelo primeiro método de secagem apresentaram valores mais baixos na maioria dos experimentos, indicando fluxo menos dificultoso.

Tabela 4.28 - Valores médios de índice de Carr dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|-----------------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 0,28 aA | 0,24 bB | 0,23 bB |
| Liofilizador | 0,28 aA | 0,27 aA | 0,25 aB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,0062; Diferença mínima significativa para coluna = 0,0050; Média geral = 0,259; Coeficiente de variação (%) = 1,09; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Têm-se na Tabela 4.29 os valores médios do ângulo de repouso dos pós de pitaya produzidos por liofilização e em secador por aspersão. O ângulo de repouso, uma avaliação direta do atrito entre as partículas (WANCZINSKI et al., 2002), reduziu significativamente com a elevação dos níveis de maltodextrina tanto nos pós obtidos em secador por aspersão quanto em liofilizador, indicando que houve melhoria da capacidade de fluxo, correlacionando-se com o fator de Hausner e índice de Carr.

De acordo com SHITTU & LAWAL (2007), sólidos particulados com até 35° de ângulo de repouso possuem boa fluidez, os de 35 a 45° possuem coesividade fraca, os de 45 a 55° apresentam coesividade e os acima de 55° são muito coesivos. Levando-se em consideração essa classificação, os pós de pitaya foram de boa fluidez com a maioria dos produtos relevando ângulos de repouso inferiores a 35°. Todavia deve-se considerar que as amostras adicionadas de 25 e 30% de aditivo, por terem revelado ângulos de repouso superiores a 30°, devem ser manipuladas de modo a ficarem expostas o menor tempo possível a umidade relativa ambiente, uma vez que a adsorção de água pode aumentar a coesão das partículas de pó e, conseqüentemente, elevar o ângulo de repouso. Estes valores

variaram entre 28,51 e 39,71°, situando-se dentro da faixa reportada por LAOKULDILOK & KANHA (2015) em pó de arroz gelatinoso preto obtido em secador por aspersão e em liofilizador (23,25 a 54,75°) e inferiores aos resultados de GOMES et al. (2002) em pó de acerola desidratada em leito de jorro (47,22°).

Em uma mesma concentração de adjuvante de secagem, percebeu-se que os pós produzidos em secador por aspersão e em liofilizador tiveram comportamento diferentes, nos pós com 25% de maltodextrina o ângulo de repouso foi maior no pó do secador por aspersão, no pó com 30% de maltodextrina os valores foram semelhantes, indicando pouca diferença em relação ao atrito das partículas, e nas amostras com 35% de maltodextrina o pó secado por aspersão revelou ser de melhor fluidez.

Tabela 4.29 - Valores médios de ângulo de repouso (°) dos pós de pitaya obtidos no secador por aspersão e no liofilizador com diferentes concentrações de maltodextrina

| Tipo de secador | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|----------------------|-----------------------------------|----------|----------|
| | 25 | 30 | 35 |
| Secador por aspersão | 39,71 aA | 32,10 aB | 28,51 bC |
| Liofilizador | 34,19 bA | 31,83 aB | 29,61 aC |

Diferença mínima significativa para linha = 1,1168; Diferença mínima significativa para coluna = 0,9124; Média geral = 32,66°; Coeficiente de variação (%) = 1,57; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.4 - Isotermas de adsorção de água

Na Tabela 4.30 encontram-se os valores dos parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados as isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós de pitaya liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina(25, 30 e 35%). Observa-se que todos os modelos testados se ajustaram bem aos dados experimentais, representados pelos valores dos coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,97e desvios percentuais médios (P) inferiores a 10%.

Tabela 4.30 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos diferentes modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós liofilizados da pitaya com diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%)

| Modelo | Parâmetro | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|--------------|--------------|-----------------------------------|--------|-------|
| | | 25 | 30 | 35 |
| GAB | X_m | 5,30 | 7,71 | 11,94 |
| | C | 1042898,6 | 2,10 | 1,10 |
| | K | 1,01 | 0,97 | 0,86 |
| | R^2 | 0,996 | 0,998 | 0,994 |
| | P (%) | 4,76 | 5,22 | 4,75 |
| Peleg | k_1 | 29,47 | 31,47 | 26,54 |
| | n_1 | 1,29 | 1,91 | 1,48 |
| | k_2 | 183,68 | 112,93 | 42,28 |
| | n_2 | 16,62 | 13,23 | 7,45 |
| | R^2 | 0,999 | 0,998 | 0,995 |
| | P (%) | 1,94 | 3,61 | 4,63 |
| Oswin | a | 8,68 | 10,23 | 11,43 |
| | b | 0,84 | 0,78 | 0,59 |
| | R^2 | 0,986 | 0,997 | 0,982 |
| | P (%) | 9,55 | 5,44 | 8,93 |

De acordo com SILVA et al. (2008) um modelo para ser adequado e com bom ajuste para predição de isotermas deve ter um erro relativo abaixo de 10%. Constata-se que o modelo de Peleg foi dentre os modelos ajustados o que melhor representou as isotermas de adsorção dos pós de pitaya, apresentando os maiores R^2 e os menores P. O segundo modelo que melhor representou as isotermas em todos os pós, foi o de GAB e por último o modelo de Oswin, indicando para estas amostras que quanto maior o número de parâmetro do modelo melhor o ajuste.

Verifica-se para o modelo de GAB que houve um incremento nos valores obtidos da umidade na monocamada (X_m) a medida que ocorreu o aumento da concentração de maltodextrina, em que variaram de 5,30 a 11,94% b.s. Isso significa que o material está menos sujeito a alterações deteriorativas, essa constante é um importante parâmetro para avaliar a estabilidade dos alimentos, quanto maior o valor dessa constante mais estabilidade o produto terá. Comportamento similar foi reportado por CANUTO et al. (2014) em que verificaram o menor valor de X_m no pó da polpa de mamão integral (sem maltodextrina) e o maior no pó da formulação com 15% de maltodextrina.

MOREIRA et al. (2013) reportaram em estudo realizado das isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 25, 30 e 35°C, do pó de manga liofilizada, que os valores das constantes C e K apresentaram tendência de diminuição com aumento da temperatura. No presente estudo este comportamento ocorreu com relação ao aumento da concentração de maltodextrina.

O fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume do líquido, que é a constante K do modelo de GAB, apresentou valores menores que, nos pós com maltodextrina nas concentrações de 30 e 35% e no pó com 25% de maltodextrina o valor foi de 1,01. Nota-se uma diminuição desse parâmetro com o aumento da concentração de maltodextrina, comportamento inverso ocorreu ao do parâmetro X_m . De acordo com TIMMERMANN (2003) a constante K de GAB aumenta linearmente com a interação entre os aumentos de adsorção e adsorventes. Considerando isto, a força da interação entre moléculas de água e os pós de pitaya liofilizados diminuiu com o aumento da concentração de maltodextrina e conseqüentemente menores valores de K são observados.

Com relação à função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água que é a constante de sorção C do modelo de GAB, observa-se que para as concentrações de 30 e 35% os valores foram inferiores a 200, com variação entre 2,10 e 1,10, com exceção do valor obtido na concentração de 25% de maltodextrina, cujo valor foi extremamente elevado, os demais valores apresentaram-se dentro da faixa usualmente encontrada na literatura. BRUMOVSKY & BRUMOVSKY (1996) explicaram que um dos motivos podem ser a escolha do tipo de análise de regressão utilizado para os valores dos parâmetros do modelo de GAB e seus erros e que dentre os métodos testados por estes pesquisadores a energia livre parcial molar (C) apresentou as maiores diferenças atingindo 94,8% entre os demais métodos aplicados. Foram encontrados por ALEXANDRE et al. (2007) valores de C do modelo de GAB elevados para isotermas de adsorção da pitanga em pó a 20°C.

Analisando-se os parâmetros do modelo de Peleg, constata-se que as constantes k_1 e n_1 apresentaram tendência de acréscimo com o aumento da concentração de maltodextrina de 25 para 30% e decréscimo no valor entre os pós com 30 e 35% de maltodextrina; para as constantes k_2 e n_2 a tendência foi o decréscimo com o aumento da concentração de maltodextrina.

No modelo de Oswin verificou-se um aumento do parâmetro (a) com o aumento da concentração de maltodextrina e comportamento inverso foi verificado para a constante

(b). De acordo com CANUTO et al. (2014) estudando as isotermas de adsorção de água, a 25 ° C, de pós de mamão liofilizado integral e com 5 e 15% de maltodextrina, verificaram comportamento semelhante para o modelo de Oswin em que o parâmetro (a) foi maior que 0 e (b) ficou entre 0 e 1. Concordando com BLAHOVEC (2004) que segundo o mesmo para o modelo de Oswin a constante (a) deve ser maior que 0 e (b) deve estar entre 0 e 1.

De acordo com BLAHOVEC (2004) as isotermas de adsorção de água dos pós de pitaya com 30 e 35% de maltodextrina foram classificadas como sendo do Tipo III em razão de terem apresentado valores de $0 < k \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$; e para o pó com 25% de maltodextrina foi classificada como sendo do Tipo II com valores de $0 < k \leq 1$ e $C > 2$.

Na Tabela 4.31 estão sumarizados os dados dos parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin, ajustados as isotermas de adsorção de água, 25 °C, dos pós de pitaya, secados por aspersão, com diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%). Analisando-se os parâmetros dos modelos ajustados constata-se que os mesmos apresentaram bons ajustes com $R^2 > 0,98$ e $P < 18\%$, no entanto deve-se evitar o uso do modelo de GAB para o pó com 35% e do modelo de Oswin para o pó com 30% de maltodextrina em razão de terem apresentado $P > 15\%$. Analisando-se os valores dos coeficientes de determinação (R^2) e dos desvios percentuais médios ($P\%$) é possível selecionar qual modelo melhor se ajustou aos dados experimentais, indicando que o modelo de Peleg foi o melhor apresentando os maiores R^2 e menores valores de P. SILVA et al. (2010) utilizaram o modelo de Peleg na predição de isotermas de adsorção de água das folhas e do caule desidratados do coentro obtendo resultado satisfatório.

Tabela 4.31 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos diferentes modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós da pitaya secados por aspersão, com diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%)

| Modelo | Parâmetro | Concentração de maltodextrina (%) | | |
|--------|-----------|-----------------------------------|-------|--------|
| | | 25 | 30 | 35 |
| GAB | X_m | 5,83 | 8,61 | 4,64 |
| | C | 2,78 | 0,98 | 2,28 |
| | K | 0,99 | 0,96 | 1,00 |
| | R^2 | 0,996 | 0,998 | 0,995 |
| | P(%) | 10,52 | 11,74 | 17,87 |
| | k_1 | 39,19 | 33,42 | 162,18 |

| | | | | |
|--------------|----------------------|--------|--------|-------|
| Peleg | n₁ | 2,19 | 2,00 | 17,09 |
| | k₂ | 175,28 | 106,23 | 26,26 |
| | n₂ | 19,15 | 12,21 | 1,90 |
| | R² | 0,996 | 0,998 | 0,996 |
| | P(%) | 8,13 | 10,05 | 12,06 |
| Oswin | a | 7,83 | 9,23 | 5,57 |
| | b | 0,88 | 0,80 | 0,97 |
| | R² | 0,996 | 0,996 | 0,994 |
| | P(%) | 8,31 | 16,86 | 14,44 |

Analisando-se os parâmetros do modelo de GAB constata-se que a unidade na monocamada molecular (X_m) variou de 8,61 (pó com 30% de maltodextrina) e 4,64% (pó com 35% de maltodextrina) com acréscimo entre os valores do pó com 25% de maltodextrina para o pó com 30% de maltodextrina; e decréscimo entre as amostras com 30 e 35% de maltodextrina.

O modelo de GAB apresentou valores de K entre 0 e 1, o que está de acordo com a literatura.

Para a constante C observa-se que ocorreu uma redução nos valores entre as amostras com 25 e 30% de maltodextrina e um aumento dos valores entre as amostras com 30 e 35% de maltodextrina. Segundo a classificação de BLAHOVEC (2004) as isotermas de adsorção de água dos pós de pitaya com 25, 30 e 35% de maltodextrina foram classificadas como sendo do Tipo III em razão de terem apresentado valores de $0 < k \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$. MOURA (2015), ao estudar o comportamento das isotermas de adsorção de água dos pós liofilizados de pitaya de polpa branca com concentrações de maltodextrina de 20 e 25%, apresentaram curva típica de isotermas do Tipo II e o pó com 15% de maltodextrina como tipo III.

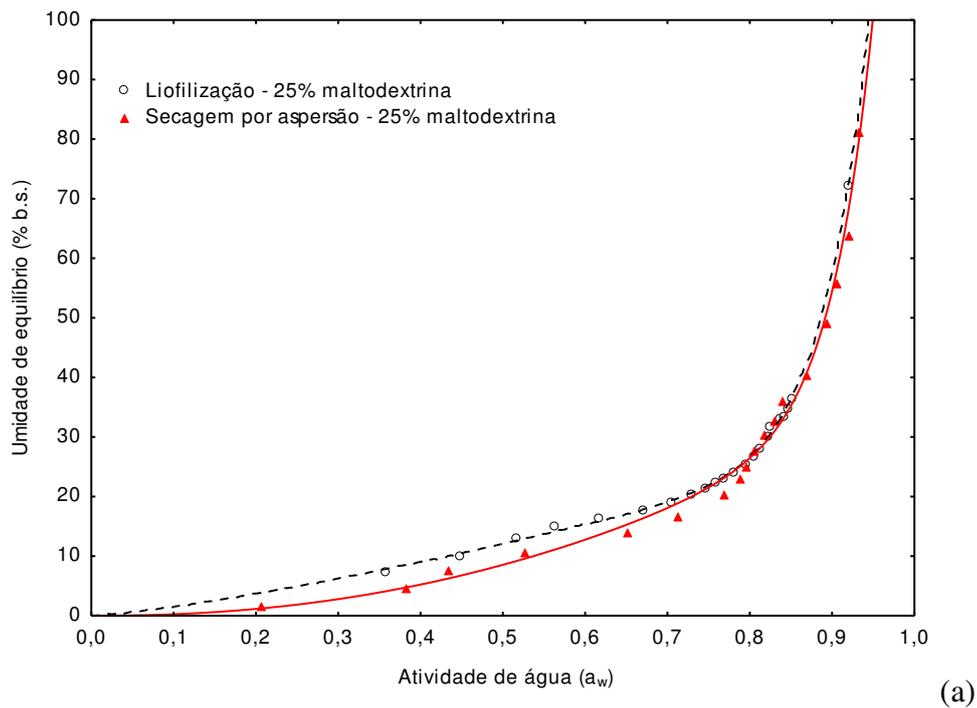
Os parâmetros k_1 e n_1 , do modelo de Peleg apresentaram entre amostras com 25 e 30% de maltodextrina valores próximos, já no pó com 35% maltodextrina os valores foram superiores; comportamento diferente obteve-se para as constantes k_2 e n_2 em que no pó com 35% maltodextrina ocorreu os menores valores.

De acordo com BLAHOVEC (2004), para o modelo de Oswin a constante (a) deve ser maior que 0 e (b) deve estar entre 0 e 1, portanto, os valores encontram-se dentro do esperado, isso indica que não há ponto de inflexão na curva e, sendo assim, não há

mudanças na concavidade das funções, logo, tais parâmetros possuem consistência matemática e física (ALCÂNTARA et al., 2009).

A Figura 4.1 ilustra as isotermas de adsorção de água da pitaya em pó com diferentes concentrações de maltodextrina (25, 30 e 35%), desidratadas pelos métodos de secagem por aspersão e liofilização, com ajustes pelo modelo de Peleg. Observa-se que em ambas figuras o teor de água de equilíbrio elevou-se com o aumento da atividade de água e as curvas apresentaram formas características de isotermas dos tipos II e III, de acordo com a classificação de BRUNAUER (1938).

Analisando-se a figura verifica-se que até atividades de água próximas a 0,8 ocorre grandes variações da atividade de água com menores variações da umidade de equilíbrio, e acima desta atividade de água um pequeno aumento da atividade de água representa um grande ganho de água pelo pó. Verifica-se de modo geral que em $a_w < 0,8$ os pós liofilizados são mais higroscópicos do que os pós secados por aspersão.



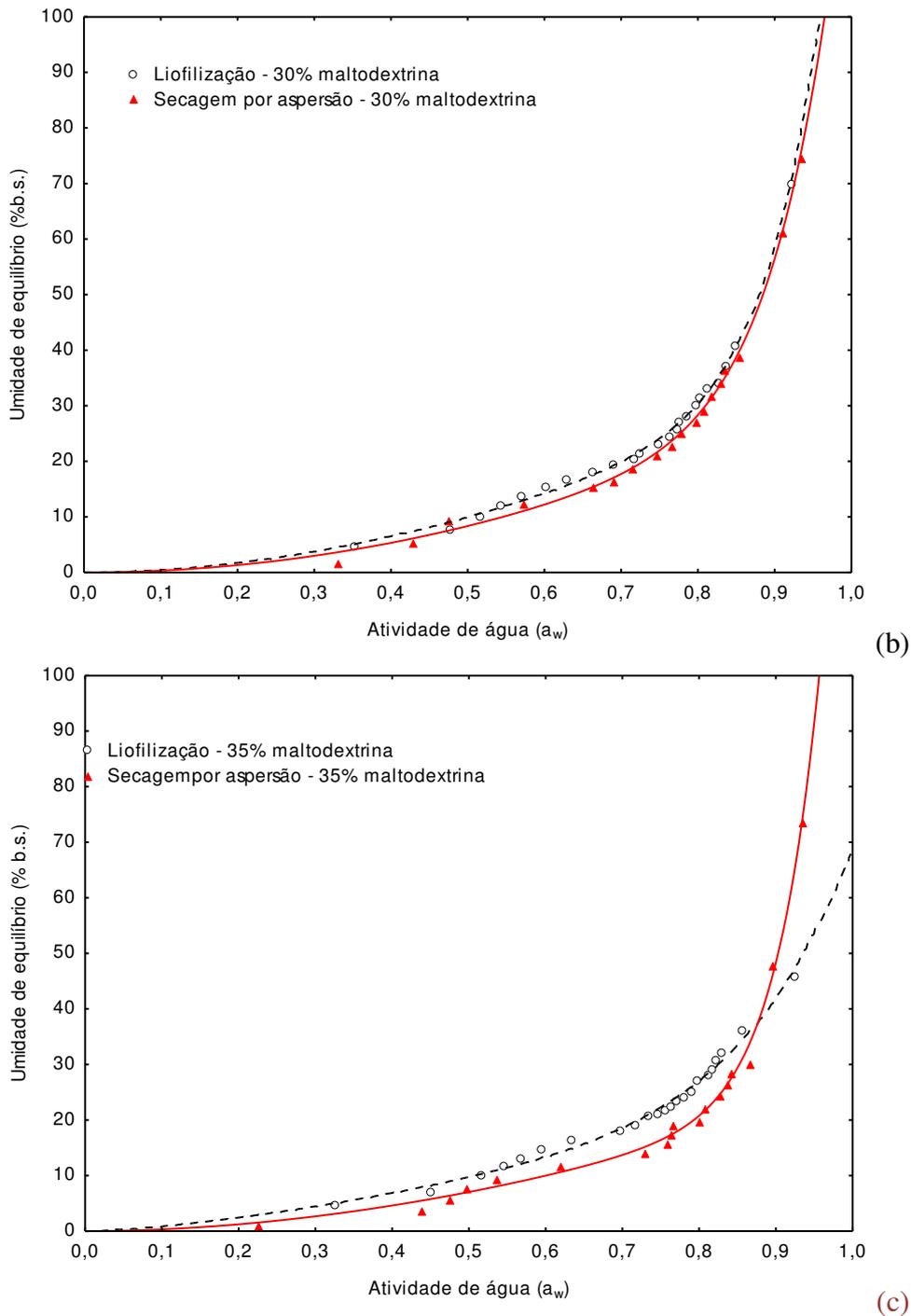


Figura 4.1 - Isothermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós de pitaya com 25, 30 e 35% de maltodextrina desidratados pelos métodos de secagem por aspersão e liofilização com ajustes pelo modelo de Peleg

4.5 – Armazenamento acelerado dos pós de polpas de pitaya

Para o armazenamento acelerado foi selecionado o pó de pitaya liofilizado com 35% de maltodextrina.

As amostras em pó foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas e colocadas em recipientes de vidro hermético, contendo soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl), as quais propiciam um ambiente de umidade relativa média aproximada de 83%. Estes recipientes foram acondicionados em câmaras do tipo BOD nas temperaturas de 30 °C (condição ambiente) e 40 °C (condição acelerada). As amostras colocadas nestes ambientes foram analisadas a cada 10 dias durante 20 dias, determinando-se: teor de água, acidez total titulável; cor e atividade de água.

4.5.1- Teor de água

Na Tabela 4.32 têm-se os resultados médios do teor de água do pó de pitaya durante o armazenamento acelerado em diferentes temperaturas. Observa-se que o conteúdo de água foi elevado significativamente durante o armazenamento das amostras acondicionadas em ambientes com 30 e 40 °C, atingindo acréscimos em torno de 213% e 120%, respectivamente, aos 20 dias de acondicionamento, o que indica que a embalagem utilizada não se constituiu em barreira eficiente ao vapor de água do ambiente externo. Além disso, também deve ser considerado que a higroscopicidade elevada de produtos liofilizados também pode ter favorecido a adsorção pelas amostras do vapor de água que permeou através da embalagem.

Tabela 4.32 - Valores médios do teor de água (%) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

| Tempo (dias) | Temperatura de estocagem (°C) | |
|-----------------|-------------------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 1,83 cA | 1,83 cA |
| 10 | 4,71 bA | 3,79 bB |
| 20 | 5,73 aA | 4,02 aB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,11; Diferença mínima significativa para coluna = 0,14; Média geral = 3,65%; Coeficiente de variação (%) = 3,26; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Apesar disso, ao final da estocagem, os pós de pitaya revelaram teores de água muito inferiores ao recomendado pela Resolução RDC nº 272/2005, que especifica valor de no máximo 25% para produtos de frutas secos ou desidratados. GALDINO et al. (2016) estudaram a estabilidade química de figo da índia em pó, produzido por secagem por aspersão, durante 40 dias de armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C, verificando

que o teor de água foi elevado significativamente ao longo do armazenamento, para qualquer temperatura de estocagem, estando em concordância com as observações deste trabalho.

Notou-se ainda que o pó de pitaya estocado na temperatura de 30 °C revelou superioridade dos conteúdos de água durante a estocagem em relação à amostra a 40 °C, o que pode estar relacionado ao efeito da temperatura na mobilidade das moléculas de água que afeta o equilíbrio entre o vapor e a fase adsorvida.

Em geral, um aumento na temperatura ocasiona uma diminuição no teor de água (MOREIRA et al., 2013), logo, na temperatura de 40 °C o vapor de água que foi penetrado através da embalagem foi adsorvido com menor intensidade nesta amostra em relação ao pó estocado a 30 °C, o que justifica os valores de teor de água relativamente mais baixos. Comportamento similar foi relatado por LISBÔA et al. (2012) ao estocarem pó de figo da Índia, obtido por secagem camada de espuma, nas temperaturas de 25 e 40°C e umidade relativa de 55%, em que a amostra acondicionada na temperatura mais baixa foi a que deteve maior teor de água ao final da estocagem.

4.5.2 – Atividade de água

Têm-se na Tabela 4.33 os resultados médios da atividade de água (a_w) do pó de pitaya durante o armazenamento acelerado em diferentes temperaturas. Houve elevação da a_w com o decorrer do armazenamento, estando diretamente relacionada ao aumento do teor de água durante o mesmo período, o que se deve à permeabilidade ao vapor d'água da embalagem utilizada. Isto representa haver maior disponibilidade de água livre para as reações bioquímicas de degradações, o que poderia implicar em depreciação da qualidade do produto do ponto de vista químico.

Tabela 4.33 - Valores médios da atividade de água do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

| Tempo (dias) | Temperatura de estocagem (°C) | |
|-----------------|-------------------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,200 cA | 0,200 cA |
| 10 | 0,320 bA | 0,304 bB |
| 20 | 0,372 aA | 0,321 aB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,004; Diferença mínima significativa para coluna = 0,005; Média geral = 0,286; Coeficiente de variação (%) = 1,44; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A a_w saltou de 0,200 para 0,372 e 0,321 aos 20 dias de estocagem para as amostras armazenadas a 30 e 40 °C, respectivamente, todavia apresentando-se ao final do período avaliado com valores de a_w inferiores a 0,60, ou seja, não há possibilidade do desenvolvimento de microrganismos durante o armazenamento (FRANCO & LANDGRAF, 2003), garantindo assim a estabilidade microbiológica do pó de pitaya. A elevação da a_w durante a estocagem de pós de frutas e outros gêneros alimentícios desidratados é um fenômeno frequentemente relatado na literatura especializada. OLIVEIRA et al. (2015a) armazenaram pó do fruto do mandacaru, obtido por secagem por aspersão com maltodextrinas com dextroses equivalentes de 10 e 14, em temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%, constatando elevação da a_w ao final de 50 dias de estocagem, com todas as amostras relevando a_w inferiores a 0,40. De igual forma, RAITIO et al. (2011) acompanharam a estabilidade de sopa de couve-flor em pó durante 12 semanas de armazenagem na temperatura de 40 °C e umidade relativa de 75%, constatando aumento da a_w ao longo da estocagem do produto.

Comparando-se as temperaturas de estocagem, nota-se que a a_w foi estatisticamente superior no pó de pitaya estocado a 30 °C estando em consonância com o teor de água uma vez que nessa temperatura também se revelou os maiores teores de água ao longo da estocagem. Este comportamento está em concordância com as observações de GALDINO et al. (2016) que ao realizarem o armazenamento da polpa de figo da índia em pó por 40 dias nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de ~80%, reportaram dados de a_w mais elevados no pó estocado na temperatura de 25 °C.

4.5.3 – Acidez total titulável

Estão apresentados na Tabela 4.34 os resultados médios da acidez total titulável (ATT) do pó de pitaya durante o armazenamento acelerado em diferentes temperaturas. Constata-se que esse parâmetro decresceu significativamente ao longo da estocagem em cerca de $\cong 11,9\%$ e $\cong 9,5\%$ para as amostras acondicionadas nas temperaturas de 30 e 40 °C, respectivamente. Isto pode estar relacionado com a diluição dos ácidos orgânicos do pó da pitaya promovida pela incorporação de água às amostras ao longo do período de estocagem

ou a reações de oxidação favorecida pela elevação da água livre dos produtos desidratados, como já relatado. A literatura especializada aborda dois comportamentos distintos para a ATT de pós de frutas ao longo do armazenamento, com tendência a estabilidade (GALDINO et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2015a; JULIANO et al., 2014) ou a redução ao final da estocagem (ALEXANDRE et al., 2014; LOUREIRO et al., 2013; LISBÔA et al., 2012), o que leva a crer que decréscimos da ATT não está relacionado apenas a permeabilidade da embalagem utilizada, mas também a composição química do produto em pó.

Tabela 4.34 - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

| Tempo (dias) | Temperatura de estocagem (°C) | |
|-----------------|-------------------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,82 aA | 0,82 aA |
| 10 | 0,75 bB | 0,78 bA |
| 20 | 0,72 cB | 0,74 cA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,01; Diferença mínima significativa para coluna = 0,01; Média geral = 0,77; Coeficiente de variação (%) = 1,11; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Em relação à temperatura de estocagem, observa-se que as amostras armazenadas a 30 °C detiveram a maior redução percentual de ácidos orgânicos, provavelmente relacionados à maior adsorção de água por estas amostras ao longo da estocagem, o que promoveu valores mais elevados de teor de água e a_w . LISBÔA et al. (2012) investigaram a estabilidade da polpa de figo da índia em pó obtida por secagem em camada de espuma e estocada nas temperaturas de 25 e 40°C e umidade relativa de 55%, e verificaram que a ATT mostrou-se estatisticamente mais elevada para o pó armazenamento na temperatura mais baixa, confirmando os dados desta pesquisa. Por sua vez, no estudo de GALDINO et al. (2016) não foi verificado diferença na ATT em figo da índia em pó, produzido por secagem por aspersão, ao final de 40 dias de armazenagem ao se confrontar os resultados obtidos nas temperaturas de 25 e 40 °C, o que reforça a hipótese de contribuição da composição química do material vegetal de origem na conservação ou oxidação de ácidos orgânicos, quando considerado aspectos bioquímicos.

4.5.4. – Luminosidade

Podem ser verificados na Tabela 4.35 os resultados médios de luminosidade (L^*) do pó de pitaya durante o armazenamento acelerado em diferentes temperaturas. Percebe-se uma redução significativa da claridade em cerca de $\cong 1,2\%$ na amostra estocada a $30\text{ }^\circ\text{C}$, enquanto que o pó acondicionado a $40\text{ }^\circ\text{C}$ revelou tendência a estabilidade de L^* . Esse decréscimo pode estar relacionado ao escurecimento não enzimático provocado pela reação de Maillard, onde açúcares redutores ao reagirem com aminoácidos livres formam complexos de coloração escura, as melanoidinas (LIU et al., 2010). Kader (2010) destacou que a redução de L^* também pode estar relacionada ao aumento da concentração de pigmentos.

Tabela 4.35 - Valores médios da luminosidade (L^*) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

| Tempo (dias) | Temperatura de estocagem ($^\circ\text{C}$) | |
|-----------------|---|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 80,58 aA | 80,58 aA |
| 10 | 79,47 bB | 80,52 aA |
| 20 | 79,64 bB | 80,34 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,28; Diferença mínima significativa para coluna = 0,34; Média geral = 80,19; Coeficiente de variação (%) = 0,37; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

ALEXANDRE et al. (2014) realizaram armazenamento da pitanga em pó, produzida pelo processo de secagem em camada de espuma, por um período de 60 dias em condições ambientais e também evidenciaram escurecimento do produto ao final da estocagem, corroborando com os dados do pó de pitaya acondicionado a $30\text{ }^\circ\text{C}$. Em contrapartida, GALDINO et al. (2016) relataram estabilidade de L^* em pó de figo da Índia ao final da estocagem na temperatura de $40\text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $\cong 80\%$, comportamento coerente com o pó de pitaya armazenado a $40\text{ }^\circ\text{C}$. Apesar de alguns autores mencionarem que a temperatura de estocagem pode acelerar processos de escurecimento não enzimático (NASCIMENTO et al., 2015), observou-se que a amostra em pó estocada na temperatura de $30\text{ }^\circ\text{C}$ revelou escurecimento, podendo estar relacionado à elevação mais expressiva da a_w ao longo do período de armazenagem, que disponibilizou solvente para o processamento de reações de degradação, inclusive a de Maillard. LIU et al. (2010) estocaram tomate em pó durante 5 meses nas temperaturas de 0, 25 e $37\text{ }^\circ\text{C}$ verificando que a L^* permaneceu estatisticamente estável nos 3 primeiros meses de

armazenamento, não sendo verificado para este período influencia da temperatura nos valores de claridade.

4.5.5 – Intensidade de vermelho (+a*)

Estão apresentados na Tabela 4.36 os resultados médios da intensidade de vermelho (+a*) do pó de pitaya durante o armazenamento acelerado em diferentes temperaturas. Observa-se que o período de estocagem promoveu redução significativa da tonalidade vermelha da amostra, estando em conformidade com OLIVEIRA et al. (2015a) que ao armazenarem por 50 dias na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7% o mandacaru em pó armazenado em embalagem laminada relataram redução do componente +a*; e com PEREIRA et al. (2006) que avaliaram as características físico-químicas de tomate em pó armazenado em sacos de polietileno de baixa densidade durante 60 dias de armazenamento em condições ambientais e também observaram redução da coordenada +a* ao longo da estocagem, todavia com a estabilidade da tonalidade avermelhada a partir dos 20 dias de estocagem. A redução do componente +a* nos pós de pitaya provavelmente está relacionado a reações de degradação. Além disso, deve ser levado em consideração que o decréscimo da coordenada +a* pode também estar relacionado a diluição dos pigmentos vermelhos pela absorção de água pela amostra ao longo deste intervalo de tempo.

Em relação a temperatura de estocagem, verifica-se que o pó de pitaya acondicionado a 30 °C teve maior retenção de cor vermelha ao final de 20 dias de armazenamento, ou seja, as reação oxidação/ isomeração parecem ter sido reduzidas na temperatura de estocagem mais baixa. FERREIRA et al. (1999) estudaram a cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum submetida a tratamentos térmicos e concluíram que os teores de pigmentos foram afetados pela temperatura, praticamente dobrando sua velocidade a cada 10 °C de aumento, sendo relatado pelos autores redução expressiva do componente +a* em função do tempo e temperatura utilizados. Essa informação é importante, haja vista que na temperatura mais elevada foi detectada maior redução da coordenada +a* do pó de pitaya.

Tabela 4.36 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

| Tempo (dias) | Temperatura de estocagem (°C) | |
|-----------------|-------------------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 2,00 aA | 2,00 aA |
| 10 | 1,90 bA | 1,73 bB |
| 20 | 1,72 cA | 1,36 cB |

Diferença mínima significativa para linha = 0,0483; Diferença mínima significativa para coluna = 0,0581; Média geral = 1,786; Coeficiente de variação (%) = 2,85; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

4.5.6 – Intensidade de amarelo (+b*)

Os resultados médios de intensidade de amarelo (+b*) do pó de pitaya durante o armazenamento acelerado em diferentes temperaturas estão dispostos na Tabela 4.37. Percebe-se que esta coordenada apresentou elevação significativa durante o período de armazenamento, sendo detectados acréscimos em torno de 29,4% e 30,0% nos pós estocados a 30 e 40 °C, respectivamente. Isto pode estar relacionado à produção das melanoidinas ao longo da estocagem, ainda que em pequenas proporções, uma vez que LEDL & SCHLEICHER (1990) destacaram que esses pigmentos apresentam-se com coloração castanha.

Tabela 4.37 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do pó de pitaya liofilizado durante o armazenamento em diferentes temperaturas

| Tempo (dias) | Temperatura de estocagem (°C) | |
|-----------------|-------------------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 9,99 cA | 9,99 cA |
| 10 | 10,49 bB | 11,42 bA |
| 20 | 12,92 aA | 12,98 aA |

Diferença mínima significativa para linha = 0,38; Diferença mínima significativa para coluna = 0,45; Média geral = 11,30; Coeficiente de variação (%) = 3,53; Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

GOMES et al. (2004) também relataram que a reação de pigmentos vermelhos com o ácido ascórbico pode ocasionar a síntese de pigmentos levemente escuros, de modo a favorecer a elevação da coordenada +b*. Esse comportamento também foi evidenciado por OLIVEIRA et al. (2015a) ao armazenarem por 50 dias mandacaru em pó armazenado em embalagem laminada em temperatura de 25 °C e umidade relativa de 57,7%; e por Silva et

al. (2005) ao estudarem a estabilidade de umbu-cajá em pó, obtido por secagem em camada de espuma, estocado por 60 dias em condições ambientais usando embalagens laminada e de polietileno. Ambos estes autores evidenciaram elevação do componente +b* ao final da estocagem, corroborando os dados desta pesquisa. LISBÔA et al. (2012) verificaram também ao estocarem figo da índia em pó nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 55%, que a componente +b* do pó estocado na temperatura de 25 °C foi estável ao longo do armazenamento, enquanto que a amostra acondicionada a 40 °C apresentou decréscimo significativo ao longo do período avaliado.

Nota-se ainda que a temperatura não apresentou efeito significativo aos 20 dias de estocagem. Sabe-se que a presença da maltodextrina em pós de frutas pode promover um efeito protetor em pigmentos (OLIVEIRA et al., 2015b), o que pode ter anulado o efeito da temperatura no pó de pitaya ao longo da estocagem.

5 - CONCLUSÃO

Caracterização das formulações

Os parâmetros que apresentaram tendência de decréscimo com o aumento da concentração de maltodextrina foram : teor de água, acidez total titulável, cinzas, proteínas e Vitamina C.

Os parâmetros que tenderam a elevar-se com o aumento da concentração de maltodextrina foram : sólidos solúveis totais, relação SST/ATT, açúcares redutores, não-redutores, totais, e as coordenadas de cor (L*, a* e b*).

O pH e a atividade de água se mantiveram estáveis, seus valores não diferiram entre as três formulações.

Caracterização dos pós (Liofilização e Secagem por aspersão)

Os parâmetros que apresentaram tendência de decréscimo com o aumento da concentração de maltodextrina foram : teor de água, coordenadas de cor (a* e b*). acidez total titulável, atividade de água, cinzas, açúcares redutores, totais e vitamina C e fenólicos totais.

Os parâmetros que tenderam a elevar-se com o aumento da concentração de maltodextrina foram : sólidos solúveis totais, açúcares não- redutores, pH e a coordenada de cor (L*). Não houve influência significativa com o aumento das concentrações de maltodextrina entre as proteínas.

O aumento da concentração de maltodextrina elevou significativamente os parâmetros de: solubilidade e molhabilidade.

Os incrementos de maltodextrina promoveram tendência de redução da higroscopicidade, densidade, fator de Hausner e ângulo de repouso.

O modelo de Peleg foi dentre os modelos ajustados o que melhor representou as isotermas de adsorção dos pós de pitaya, desidratados por aspersão e por liofilização, apresentando os maiores R^2 e os menores P.

Armazenamento do Pó Liofilizado (35% de maltodextrina)

Observou-se que durante 20 dias de armazenamento houve alterações significativas na maioria dos parâmetros avaliados, a ATT, luminosidade (L^*) e intensidade de vermelho ($+a^*$) decresceram significativamente ao longo da estocagem, já o teor de água, atividade de água e a coordenada de cor (b^*) apresentaram aumento significativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITIVOS & INGREDIENTES. **Maltodextrinas: características estruturais e aplicações.** Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/656.pdf>. Acesso em: 17 fev 2016.

ALBERO, J. L. A. A operação de prensagem: Considerações técnicas e sua aplicação industrial. Parte I: O preenchimento das cavidades do molde. **Cerâmica Industrial**, v. 5, n. 5, p. 23-28, 2000.

ABREU, W.C.; LOPES, C. O.; PINTO, K. M.; OLIVEIRA, L. A.; CARVALHO, G. B. M.; BARCELO, M. F. P. Características físico-químicas e atividade antioxidante total de pitaias vermelha e branca. **Inst Adolfo Lutz**. v. 71, n.4, p. 656-661, 2012.

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

ALEXANDER, J.R. Maltodextrins. Production, properties and application. In: SCHENCK, E.W; HEBEDA, R.E. **Starch Hydrolysis Products**, vhc, New York, p.233-275, 1992.

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

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.

ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; J. E.; VILLAMIL, J. M. P.; SILVA, M. M. Secagem natural e artificial de vagens de algaróba. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 27, n. 2, p. 208-216, 2005.

ALMEIDA, F. A. C.; GOUVEIA, J. P. G.; ARAÚJO, M. E. R.; SILVA, F. L. H.; ALMEIDA, S.A. Comparação de modelos matemáticos do calor isostérico de dessorção em polpa de goiaba. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 29, n. 1, p. 28-34, 2004.

ALVES, C. C. O.; **Pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar Brasiliense Camb.*)**. 2007. 146 p.: il. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2007.

ANDRADE, R. A de; LEMOS, E. G. de M.; MARTINS, A. B. G.; PAULA, R. C. de P.; JÚNIOR, J. L. P. Caracterização morfológica e química de frutos de rambutã. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 4, p. 958-963, 2008.

ANSELMO, G. C. S. et al. Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 6, n. 2, p. 58-65, 2006.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC n. 272, de 22 de setembro de 2005. Dispõe sobre o “Regulamento Técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis”. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

ARIFFIN, A. A.; BAKAR, J.; TAN, C. P.; RAHMAN, R. A.; KARIM, R.; Loi, C. C. Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. **Food Chemistry**, v. 114, n. 2, p. 561–564, 2008.

ARISTIZÁBAL, J.; SÁNCHEZ, T.; LORÍO, D.M. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. **Boletín de Servicios Agrícolas de La Fao**. N° 163. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, 2007.

AULTON, M.E. 2002. *Pharmaceutics: The Science of Dosage Form Design*. 2 ed. Edinburg: Churchill Livingstone, p. 388-390.

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

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. D.; AZEREDO, R.M. C. Alterações microbiológicas durante a estocagem. In: Azeredo, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Fortaleza: **Embrapa Agroindustrial Tropical**, 2004. cap. 1, p.19-35.

ADHIKARI, B.; HOWES, T.; BHANDARI, B.R.; TROUNG, V. Effect of addition of maltodextrin on drying kinetics and stickiness of sugar and acid-rich foods during convective drying: experiments and modeling. **Journal of Food Engineering** v. 62, p. 53–68, 2004.

BARBOSA-CANOVAS, G.V.; ORTEGA-RIVAS, E.; JULIANO, P.; YAN, H. **Food powders: Physical properties, processing, and functionality**. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2005.

BHANDARY, S.R.; DATA, N.; HOWES, T. Problems associate with spray drying of sugar-rich foods. **Drying Technology**, New York, v. 15, n. 2, p. 671-684, 1997.

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

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZARGANDOÑA, E. J. Efeito da desidratação foam mat na retenção da vitamina C da polpa de cajamanga. **Brazilian Journal Foods Nutrition**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 189 - 193, 2013.

BROADHEAD, J.; EDMOND ROUAN, S.K.; RHODES, C.T. The spray drying of pharmaceuticals. **Drug Dev Ind Pharm**, v. 18, p. 1169-1206, 1992.

BRUMOVSKY, J.O.; BRUMOVSKY, L.A. Evaluación de los métodos para determinar las constantes de la ecuación de la isoterma de G.A.B. In: HÜBINGER, M.; MURR, F.X.; AGUILERA, J.M. Propiedades físicas de los alimentos. Valencia: CYTED/UNICAMP/UPV, 1996. p. 216-223.

BRUNAUER, S.; EMMETT, T. H.; TELLER, F. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of American Chemistry Society**, v. 60, n. 1, p. 309-319, 1938

BRUNINI, M. A.; CARDOSO, S. S. Qualidade de pitaias de polpa branca armazenadas em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 78-84, 2011.

BRITTON, N. L.; ROSE, J. N. Descriptions and illustrations of plants of the cactus family, **Dover Publication**, New York, v. 1/2, p. 183-195, 1963.

CAI, Y.Z.; CORKE, H. Production and properties of spraydried *Amaranthus betacyanin* pigments. **Journal of Food Science**, v. 65, p. 1248–1252, 2000.

CANTO, A. R. **El cultivo de pitahaya em Yucatan**. Maxcanú: Yucatán, p. 53, 1993.

CANUTO, H. M. P.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior of freeze-dried papaya pulp powder with maltodextrin. **Acta Scientiarum Technology**, v.36, n.1, 179-185, 2014.

CAO, X.Q.; VASSEN, R.; SCHWARTZ, S.; JUNGEN, W.; TIETZ, F.; STÖEVER, D. Spray-drying of ceramics for plasma-spray coating. **J Eur Ceram Soc**, v. 20, p. 2433-2439, 2000.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (Philippine ‘Carabao’ var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 1, p. 135-148, 2012.

CARBINATTO, F.M.; CASTRO, A.D.; OLIVEIRA, A.G.; SILVA JÚNIOR, A.A. Preformulation studies of *Gymnema sylvestre* extract powder formulation for hard gelatin capsules. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v. 32, n. 2, p. 175-180, 2011.

CAROLINA, B.C.; CAROLINA, S.; ZAMORA, M.C.; JORGE, C. Glass transition temperatures and some physical and sensory changes in stored spray-dried encapsulated flavors. **LWT – Food Science and Technology**, v. 40, p. 1792–1797, 2007.

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

CHOO, W. S.; YONG, W. K. Antioxidant properties of two species of *Hylocereus* fruits. **Advances in Applied Science Research**, n.2, n.3, p. 418-425, 2011.

CHRANIOTI, C.; CHANIOTI, S.; TZIA, C. Comparison of spray, freeze and oven drying as a means of reducing bitter aftertaste of steviol glycosides (derived from *Stevia*

rebaudiana Bertoni plant) - Evaluation of the final products. **Food Chemistry**, v. 190, n. 1, p. 1151-1158, 2016.

CHEN, C.; JAYAS, D.S. Evaluation of the GAB equation for the isotherms of agricultural products. **Transactions of ASAE**, v. 41, n. 6, p. 1755-1760, 1998.

CLADERA-OLIVERA, F.; PETTERMANN, A.C.; NOREÑA, C.P.Z.; WADA, K.; MARCZAK, L.D.F. Thermodynamic properties of moisture desorption of raw pinhão (*Araucaria angustifolia seeds*). **International Journal of Food Science and Technology**, v. 43, p. 900-907, 2008.

CORRÊA, P. C.; ARAÚJO, E. F.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Determinação dos parâmetros de secagem em camada delgada de sementes de milho doce (*Zea mays L.*). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 2, p. 110-119, 2003.

CORRÊA, S. C.; CLERICI, M. T. P. S.; GARCIA, J. S.; FERREIRA, E. B.; EBERLIN, M. N.; AZEVEDO, L. Evaluation of dehydrated marolo (*Annona crassiflora*) flour and carpels by freeze-drying and convective hot-air drying. **Food Research International**, Kidlington, v. 44, n. 7, p. 2385-2390, 2011.

COSTA, J. P.; ROCHA, E. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Study of the physicochemical characteristics of soursop powder obtained by spray-drying. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 4, p. 663-666, 2014.

DAVOODI, M. G.; VIJAYANAND, P.; KULKARNI, S. G.; RAMANA, K. V. R. Effect of different pre-treatments and dehydration methods on quality characteristics and storage stability of tomato powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 40, n. 2, p. 1832-1840, 2007.

DINIZ, E.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Atividade de água e condutividade elétrica de polpas de Acerola concentradas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. Especial, n.1, p.9-17, 2003.

DIÓGENES, A. M. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SOUSA, A. B. B. **Análise comparativa de polpas de manga 'Haden' integral e formulada**. *Revista AGROTEC*, v. 36, n. 1, p. 30-34, 2015.

DONADIO, L. C. Pitaya. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 31, n. 3, p. 637-929, 2009.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Fruticultura fundamentos e práticas**. Pelotas: Editora UFPEL, p. 176, 2008.

FDA- Food and Drug Administration. **21 Code of Federal Regulations**. Rockville: U.S. Department of Health and Human Services, v. 3, sec. 184, p. 523, 2003.

FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da farinha da casca da manga. **Higiene Alimentar**, v.27, n. 218/219, p. 3780-3784, 2013.

FERRARI, C. C.; GERMER, S.P.M.; DE AGUIRRE, J.M. Effects of spray-drying conditions on the physicochemical properties of blackberry powder. **Drying Technology**, v. 30, p.154–163, 2012.

FERRARI, C. C.; GERMER, S. P. M.; DUTRA ALVIM, I.; VISSOTTO, F. Z.; AGUIRRE, J. M. Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 47, n. 6, p. 1237-1245, 2012a.

FERRARI, C. C. GERMER, S. P. M. AGUIRRE, J. M. Effects of spray-Drying conditions on the physicochemical properties blackberry powder, **Drying Technology**, v. 30, n. 2, p. 154-163, 2012b.

FERREIRA, V. L. P.; TEIXEIRA NETO, R. O.; MOURA, S. C. S. R.; SILVA, M. S. Cinética da degradação da cor de solução hidrossolúvel comercial de urucum, submetida a tratamentos térmicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 1, p. 37-42, 1999.

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

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. 2^a ed. São Paulo: Atheneu, 2003.193 p.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. L. S. Microbiologia dos alimentos, Ed. Ateneu. São Paulo-SP, Brasil. 182 p., 2008.

FORTES, M.; OKOS, M. R. Drying theories: their bases and limitations as applied to foods and grains. **Advances in drying**. Ed. Arum S. Mujumdar, Hemisphere Publishing Corporation. Washigton. v. 1, p. 119-154, 1981.

FU, L.; XU, B.T.; XU, X.R.; GAN, R.Y.; ZHANG,Y.; XIA,E.Q.; LI, H.B. Antioxidant capacities and total phenolic content sof 62 fruits. **FoodChemistry**, v.129, p.345–350, 2011.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 169-173, 2016.

GALDINO, P.O. **Secagem por aspersão da polpa do figo-da-índia**. 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos**. 2009. 45 f. Trabalho Acadêmico (Graduação em Química de Alimentos) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2009.

GEANKOPLIS, C.J. **Procesos de transporte y operaciones unitarias**. México, Cia Editorial Continental, 1986.

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, p. 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**, v. 4, n. 2, p. 157-165, 2002.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. g. Spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. The effect on powder properties. **Journal of Food Engineering**, London, v.66, n.1, p.35–42, 2005.

HATAMIPOUR, M.S.; KAZEMI, H.H.; NOORALIVAND A.; NOZARPOOR, A. Drying characteristics of six varieties of sweet potatoes in different dryers. **Food and Bioproducts Processing**, v. 85, n.3, p. 171-177, 2007.

HEBERLÉ, G.; WEHRMANN, L.; PETROVICK, P. R. Caracterização do produto seco por aspersão de *Cecropia glazioui* Sneth. (Cecropiaceae). **Acta Farmaceutica Bonaerense**, v. 19, n. 3, p. 203-10, 2000.

IGLESIAS, H.A; CHIRIFE J. **Handbook of food isotherms**: water sorption parameters for food components. 1.ed. New York: Academic Press, p. 374 , 1982.

JAAFAR, R.A.; ABDUL RAHMAN, A.R.; CHE MAHMUD, N.Z.; VASUDEVAN, R. Proximate analysis of dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). **American Journal of Applied Sciences**, v. 6, p. 1341–1346, 2009.

JULIANO, F. F.; SILVA, P. P. M.; CASEMIRO, R. C.; COSTA, M. H.; SPOTO, M. H. F. Polpa de camu-camu liofilizada e armazenada em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, p. 1374-1384, 2014.

KADER, A. A. Future of modified atmosphere research. **Acta Horticulturae**, v. 857, n. 1, p. 212-217, 2010.

KENNEDY, J.F.; KNILL, C.J.; TAYLOR, D.W. Maltodextrins. In: KEARSLEY, M.W.; DZIEDZIC, S.Z. **Blackie Academic & Professional**, p.65-82, 1995.

KHA, T.C.; NGUYEN, M.H. & ROACH, P.D. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 385–392, 2010.

KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, v. 194, n. 1, p. 569-576, 2016.

LABUZA, T.P. Sorption phenomena in foods. **Food Technology**, v. 22, p. 263-272, 1985.

LAGO, C. **Estudo do suco concentrado e da polpa de yacon (*Smallanthus sonchifolius*)**. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2010.

LANCHA, J. P.; GERMER, S. P. M.; DALLA DEA, R. C.; FERRARI, C. C.; ALVIM, I. D. Desidratação de polpa de pitanga e jaboticaba em *spray dryer*: condições de processo e propriedades físico-químicas do pó. In: Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 6, 2012. **Anais...** Jaguariúna: CIIC, 2012.

LAOKULDILOK, T.; KANHA, N. Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. **LWT - Food Science and Technology**, Zürich, v. 64, n. 1, p. 405-411, 2015.

LE BELLEC, F.; VAILLANT, F.; IMBERT, E. Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new crop, a market with a future. **Fruits**, v. 61, n. 4, p. 237-250, 2006.

LEE, KAR-HING; WU, TA-YEONG; SIOW, LEE-FONG. Spray drying of red (*Hylocereus polyrhizus*) and white (*Hylocereus undatus*) dragon fruit juices: physicochemical and antioxidant properties of the powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n. 11, p. 2391- 2399, 2013.

LEDL, F.; SCHLEICHER, E. New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. **Angewandte Chemie International**, v. 29, n. 6, p. 565-594, 1990.

LIAOTRAKOON, W.; DE CLERCQ, N.; HOED, V.V.; VAN DE WALLE, D.; LEWILLE, B. & DEWETTINCK, K. Impact of thermal treatment on physicochemical, antioxidative and rheological properties of white-flesh and red-flesh dragon fruit (*Hylocereus* spp.) purees. **Food Bioprocess Technology**, v. 6, p. 416–430, 2013.

LIAOTRAKOON, W.; DE CLERCQ, N.; LEWILLE, B.; DEWETTINCK, K. Physicochemical properties, glass transition state diagram and colour stability of pulp and peel of two dragon fruit varieties (*Hylocereus* spp.) as affected by freeze-drying. **International Food Research Journal**, v. 19, n. 2, p. 743-750, 2012.

LIDER AGRONOMIA, Pitaya. Disponível em: <http://www.lideragronomia.com.br/2012/10/pitaya.html>. Acesso em: 18 fev, 2016.

LIM, Y.Y.; LIM, T.T.; TEE, J.J. Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. **Food Chem.**, v. 103, p. 1003, 2007.

LIMA, C. A.; JUNQUEIRA, K. P.; GERMENDORFF, A. L.; NASCIMENTO, A. H. C.; SOUZA, L. S.; JUNQUEIRA, N. T. V.; FALEIRO, F. G.; BRAGA, M. F.; SILVA, D.G. P.; REZENDE, L. N. **Variações nas características químicas em diferentes posições no fruto da pitaya vermelha**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 19., 2006, Cabo Frio. Frutas do Brasil: saúde para o mundo: palestras e resumos. Cabo Frio: SBF; UENF; UFRRJ, p. 323, 2006.

LIMA, C. A. **Caracterização, propagação e melhoramento genético de pitaya comercial e nativa do Cerrado**. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2013, 124p. Tese de Doutorado.

LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.216-221, 2012.

LIU, F.; CAO, X.; WANG, H.; LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, London, v. 204, n. 1, p. 159-166, 2010.

LOUREIRO, M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de buriti em pó: Efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1092-1100, 2013.

MAHATTANATAWEE, K.; MANTHEY, J.A.; LUZIO, G.; TALCOTT, S.T.; GOODNER, K.; BALDWIN, E.A. Total antioxidant activity and fiber content of select florida-grown tropical fruits. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** v. 54, n. 7355-7363, 2006.

MAN, Y. B. C.; IRWANDI, J.; ABDULLAH, W. J. W. Effect of different types of maltodextrin and drying methods on physico-chemical and sensory properties of encapsulated durian flavor. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 79, n. 8, p. 1075-1080, 1999.

MARCELLINI, P.S.; CORDEIRO, C. E.; FARAONI, A. S.; BATISTA, R.A.; RAMOS, A. L. D.; LIMA, A. S. Comparação físico-química e sensorial da atemoia com a pinha e a graviola produzidas e comercializadas no estado de Sergipe. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.14, n.2, p.187-189, 2003.

MARQUES, V.B.; MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D; ARAÚJO, N.A.; SILVA, F.O.R. Fenologia reprodutiva de pitaiá vermelha no município de Lavras, MG. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 6, p. 984-987, 2011.

MASTERS K 1985. **Spray Drying Handbook**. 4. ed. Londres: George Godwin.

MAYOR, L.; SERENO, A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 61, p. 373-386, 2004.

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, 2008.

MELLO, K. dos S. Secagem por aspersão de polpa de atemóia. 2012. 230 f. Tese (Doutorado em Eng. Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB.

MIZRAHI, Y.; NERD, A. Climbing and columnar cacti: new arid lands fruit crops. In: JANICK, J. (Ed.). **Perspective in new crops and new crops uses**. Alexandria: ASHS, p. 358-366, 1999.

MIZRAHI, Y.; NERD, A.; NOBEL, P. S. Cacti as crops. **Horticultural Review**, New York, v. 18, p. 291-320, 1997.

MOREIRA, R.A.; RAMOS, J.D.; MARQUES, V.B.; ARAÚJO, N.A.; MELO, P.C. Crescimento de pitaya vermelha com adubação orgânica e granulado bioclástico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 785-788, 2011.

MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1093-1098, 2013.

MOREY, V.W.F.; MERONUCK, R.A.; LANG, J.P. Relationship between equilibrium relative humidity and deterioration of shelled corn. **Transactions of ASAE**, v. 38, n. 4, p. 1139-1145, 1995.

MOORTHY, S.N. **Tuber Crop Starches**. Central Tuber Crops Research Institute. Technichal Bulletin Series. v. 18, p. 40, 1994.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; NAVARRETE, N. M. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p. 201-206, 2012.

MOURA, R. L. Liofilização de polpas de pitaya. 2015. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2015.

MUJUMDAR, A. S. Handbook of Industrial Drying, second edition v.1 pag.309-311, 1995.

NASCIMENTO, A. P. S.; PINTO, A. L.; FREITAS, J. M. S.; SOUSA, F. C. Efeito da relação tempo/temperatura e concentração/pH na reação de Maillard em diferentes açúcares. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 5, n. 1, p. 1-8, 2015.

NAVAS, J.S.R. “Liofilización de Alimentos”, Universidad del Valle, Colômbia, 2006.

NERD, A.; GUTMAN, F.; MIZRAHI, Y. Ripening and postharvest behaviour of fruits of two *Hylocereus* species (Cactaceae). **Postharvest Biology and Technology**, v. 17, p. 39–45, 1999.

NORZIAH, M.H.; RURI, A.S.; TANG, C.S. and FAZILAH, A. Utilization of red pitaya (*H. polyrhizus*) fruit peels for value added food ingredients. Proc. Int. Conf. Environ. **Res. Technol.** (ICERT 2008), p. 72–75, 2008.

NUNES, E. N.; SOUSA, A. S. B.; LUCENA, C. M.; SILVA, S. M.; LUCENA, R. F. P.; ALVES, C. A. B.; ALVES, R. E. **Pitaya (*Hylocereus* sp.): Uma revisão para o Brasil**. Gaia Scientia, v. 8, n. 1, p. 90-98, 2014.

NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do Semi-árido Baiano. **Alimentos e Nutrição**, v. 20, n. 1, p. 129-134, 2009.

NUR 'ALIAA, A. R.; SITI MAZLINA, M. K.; TAIP, F. S Impact of commercial pectolytic enzymes on selected properties of white dragon fruit juice. **Journal - The Institution of Engineers**, v. 71, n. 4, p. 21-25, 2010.

OBON, J. M. et al. Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model system. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 4, p. 471-479, 2009.

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

OLIVEIRA, A. S. **Secagem por aspersão da polpa do mandacaru**. 200 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2012

OLIVEIRA, G. S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físico-químicas e higroscópicas**. 83 f. 2012. Dissertação (mestrado)- Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós- Graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2012.

OLIVEIRA, L. A.; ABREU, W. C., OLIVEIRA, C. L.; PINTO, K. M.; CARVALHO, G. B. M.; BARCELOS, M. F. P. Composição química da pitaya vermelha (*Hylocereus polyrhizus*) e branca (*Hylocereus undatus*). **Anais... XIX Congresso de pós-graduação da UFLA**. <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/lavras/resumos/1180.pdf>>. Acesso em: 02 set 2012.

OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 147-153, 2015a.

OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 10, p. 1059-1064, 2014b.

ORDÓÑEZ, J.A.; RODRÍGUEZ, L.F.; SANZ, M.L.G.; MINGUILLÓN, G.D.G.F.; PERALES, L.H.; CORTECERO, M.D.S. **Tecnología de Alimentos**. v.1, Artmed, 2005.
PAPADAKIS, S.E.; GARDELI, C. & TZIA, C. Spray drying of raisin juice concentrate. **Drying Technology**, v. 24, p. 173–180, 2006.

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

PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V. R. N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, v. 30, n. 4, p. 993-1000, 2010.

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

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

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, v. 46, n. 5, p. 386-392, 2007.

RAMAMOORTHY, P.K. & BONO, A. Antioxidant activity, total phenolic and flavonoid content of Morinda Citrifolia fruit extracts from various extraction processes. **Journal of Engineering Science & Technology**, vol. 2, pp. 70-80, 2007.

RANKELL, A.S.; LIEBERMAN, H.Á.; SCHIFFMAN, R.F. Secagem. In: Lachman L, Lieberman HA, Kanig JL. **Teoria e prática na indústria farmacêutica**. Lisboa: Calouste Gulbenkian, v.1, p. 83-112, 2001.

RAITIO, R.; ORLIEN, V.; SKIBSTED, L. H. Storage stability of cauliflower soup powder: The effect of lipid oxidation and protein degradation reactions. **Food Chemistry**, v. 128, n. 2, p. 371-379, 2011.

RATTL, C. Hot air and freeze-drying of high-value food: a review. **Journal of Food Engineering**, v. 49, p. 311-310, 2001.

RODRÍGUEZ-HERNÁNDEZ, G.R.; GONZÁLEZ-GARCÍA, R.; GRAJALES-LAGUNES, A.; RUIZ-CABRERA, M.A.; ABUD-ARCHILA, M. Spray-drying of cactus pear juice (*Opuntia streptacantha*): effect on the physicochemical properties of powder and reconstituted product. **Drying Technology**, v. 23, p. 955-973, 2005.

RUFINO MSM, ALVES RE, BRITO ES, MORAIS SM, SAMPAIO CG, PÉREZ-JIMÉNEZ J, et al. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **EMBRAPA Com Técn.** 2007;127:1-4.

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

SAMANIEGO-ESGUERRA, C.M.; BOAG, I.F.; ROBERTSON, G.L. Comparison of regression methods for fitting the Gab model to the moisture isotherms of some dried fruit and vegetables. **Journal of Food Engineering**, v. 13, n. 2, p. 115-133, 1991.

SANTIAGO-ADAME, R.; MEDINA-TORRES, L.; GALLEGOS-INFANTE, J. A.; CALDERAS, F.; GONZÁLEZ-LAREDO, R. F.; ROCHA-GUZMÁN, N. E.; OCHOA-MARTÍNEZ, L. A.; BERNAD-BERNAD, M. J. Spray drying-microencapsulation of cinnamon infusions (*Cinnamomum zeylanicum*) with maltodextrina. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 2, p. 571-577, 2015.

SANTOS, J. C.; OLIVEIRA, T. M. B. F.; MENEZES, A. D. S.; SILVA, G. F.; NARAIN, N.; MARQUES, L. G. Isotermas de adsorção de umidade da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) liofilizada. **Higiene Alimentar**, v. 29, n. 218/219, p. 3785-3789, 2013.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; ROCHA, A. P. T.; ARAÚJO, G. T. Características físico químicas da polpa de caju em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. In: VII CONGRESO IBÉRICO DE AGROINGENIERIA E CIENCIAS HORTICULAS: INOVAR E PRODUCIR PARA EL FUTURO, 2013, Anais... Madrid: 26-29, 2013.

SHAW F.V. Spray drying as an alternative granulation technique. In: Parikj DM. **Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology**. Nova York: Marcel Dekker, p. 75-96, 1997.

SHITTU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 91-98, 2007.

STENCL, J. Modelling the water sorption isotherms of yoghurt powder spray. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 65, p. 157-164, 2004.

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

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

SILVA, A. S.; ALMEIDA, F. A. C.; ALVES, N. M. C.; MELO, K. S.; GOMES, J. P. Característica higroscópica e termodinâmica do coentro desidratado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 237-244, 2010.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER, A.; CARLE, R. Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. **Europe an Food Research and Technology**, v. 212, p. 396–407, 2001.

STINTZING, F. C.; SCHIEBER A.; CARLE, R.; Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices, **Eur. Food. Res. Technol.** v. 216. p. 303-311, 2003.

SOARES, L.A.L. 2002. Obtenção de comprimidos contendo alto teor de produto seco por aspersão de *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek – Celastraceae. **Desenvolvimento tecnológico de produtos intermediários e final**. Porto Alegre, 285p. Tese de doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Farmacêuticas, UFRGS.

SOUSA, K. S. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 718-728, 2015.

SOUZA, V. C. Efeito da liofilização e desidratação em leito de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*). 2011. 64 fl. Dissertação do

Programa de Pós-Graduação “Strictu Senso” do Curso de Especialização em Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

SIEM - Sistema de Informação e Estatística de Mercado da Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. São Paulo: CEAGESP, Seção de Economia e Desenvolvimento, 2013. Não publicado.

SILVA JÚNIOR, J.O.C.; VIEIRA, J.L.F.; BARBOSA, W.L.R.; PEREIRA, N.L. Caracterização físico-química do extrato fluido e seco por nebulização de *Symphytum officinale* L. **Rev Bras Farmacogn** v. 16, (Supl.), p. 671-677, 2006.

TAOUKIS, P. S.; LABUZA, T. P.; SAGUY, I. S. Kinetics of food deterioration and shelflife prediction. In: VALENTAS, K.J.; ROTSTEIN, E.; SINGH, R.P. (Ed.) **Hanbook of food engeneering practice**. Boca Raton: CRC Press, p. 361-403, 1997.

TIMMERMANN, E. O. Multilayer sorption parameters: BET or GAB values? **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 220, n. 1-3, p. 235-260, 2003.

TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP.

TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açaí (*Euterpeoleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 411–418, 2008.

TREYBAL, R.E. Drying. In: TREYBAL, R.E. 3. ed. **Mass transfer operations**. New York. McGraw-Hill, p. 569-575, 1963.

UNIÓN PUEBLA. Tec Puebla impulsa cultivo de pitaya. 2014. Disponível em : <http://www.unionpuebla.mx/articulo/2014/10/29/educacion/puebla/tec-puebla-impulsa-cultivo-de-pitaya>. Acesso em: 18 fev, 2016.

VAILLANT, F.; PEREZ, A.; DAVILA, I.; DORNIER, M.; REYNES, M. Colourant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus sp.*) **Fruits**, v. 60, p. 1–10, 2005.

VASCONCELOS, E.A.F.; MEDEIROS, M.G.F.; RAFFIN, F.N.; MOURA, T.F.A.L. Influência da temperatura de secagem e da concentração de Aerosil® 200 nas características dos extratos secos por aspersão da *Schinus terebinthifolius* Raddi (Anacardiaceae). **Rev Bras Farmacogn**, v. 15, p. 243-249, 2005.

VIANA, A. D. Propriedades termofísica e comportamento reológico da polpa do fruto do cupuaçu em diferentes concentrações (*Theobromagrandiflorum*) em diferentes concentrações e temperaturas. 2010. 99p. Itapetinga: UESB. Dissertação Mestrado.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de *beads* acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.

WANCZINSKI, B. J.; FELIPE, D. F.; CARDOSO, M. L. C.; CAVALCANTI, O. A. Desenvolvimento de comprimidos de AAS 500 mg: Influência do amido 1500[®] na compressão direta. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 3, p. 649-655, 2002.

WATERHOUSE, A. **Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine**. American journal of Enology and viticulture, p. 3-5, 2011.

WENDEL, S.; ÇELIK M. Uma visão geral sobre o uso da tecnologia de spray-drying. **Pharmaceutical Technol Abril**: p. 31-45, 1998.

WOLF, W.; SPIESS, W.; JUNG, G. **Sorption isotherms and water activity of food material**. 1. ed. London: Elsevier Science Publishing Co., 1985.239 p.

WICHIENTHOT, S.; JATUPORNPIPAT, M.; RASTALL, R. A. Oligosaccharides of pitaya (dragon fruit) flesh and their prebiotic properties. **Food Chemistry**, v. 120, p. 850–857, 2010.

WU M. C.; CHEN C. S. Variation of sugar content in various parts of pitahaya fruit, Proc. Fla. **State Hortic. Soc.** v.110, p. 225-227, 1997.

ZOTARELLI, M. F.; PORCIUNCULA, B. D. A.; LAURINDO, J. B. A convective multi-flash drying process for producing dehydrated crispy fruits. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 108, n. 4, p. 523-531, 2012.