



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO CENTRO DE CIÊNCIAS
AGRÁRIAS E ENGENHARIAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

NATÁSSIA GUIMARÃES DA SILVA

**SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA E LIOFILIZAÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DE
MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya* L.): AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
ESTABILIDADE DOS PRODUTOS OBTIDOS**

ALEGRE-ES
JULHO-2018

NATÁSSIA GUIMARÃES DA SILVA

**SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA E LIOFILIZAÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DE
MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya* L.): AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E
ESTABILIDADE DOS PRODUTOS OBTIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Pollyanna Ibrahim Silva

Coorientador: Joel Camilo Souza Carneiro

Coorientadora: Janaína Cecília Oliveira Villanova Konishi

ALEGRE-ES

JULHO-2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Sul, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S586s Silva, Natássia Guimarães da, 1992-
Secagem em leito de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaia (carica papaya l.): avaliação físico-química e estabilidade dos produtos obtidos / Natássia Guimarães da Silva. – 2018.
100 f. : il.

Orientador: Pollyana Ibrahim Silva.

Coorientadores: Joel Camilo Souza Carneiro ; Janaína Cecília Oliveira Villanova Konishi.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Mamão. 2. Secagem. 3. Armazenamento. I. Silva, Pollyana Ibrahim. II. Carneiro, Joel Camilo Souza. III. Konishi, Janaína Cecília Oliveira Villanova. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 664

NATÁSSIA GUIMARÃES DA SILVA

SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA E LIOFILIZAÇÃO DO EXTRATO
AQUOSO DE MAMÃO PAPAIA (*CARICA PAPAYA L.*): AVALIAÇÃO
FÍSICO-QUÍMICA E ESTABILIDADE DOS PRODUTOS OBTIDOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

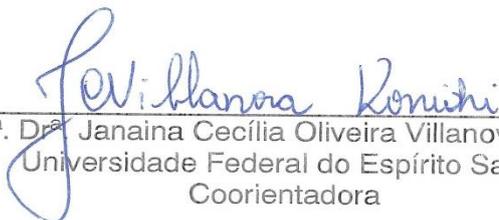
Aprovada em 12 de julho de 2018.



Prof.^a. Dr.^a. Pollyanna Ibrahim Silva
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora



Prof. Dr. Joel Camilo Souza Carneiro
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Prof.^a. Dr.^a. Janaina Cecília Oliveira Villanova Konishi
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora



Prof.^a. Dr.^a. Daniela da Silva Oliveira
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinadora

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus por ter me dado à oportunidade de ingressar no mestrado, por ser meu melhor amigo de todas as horas e por me segurar nos seus braços todas as vezes que eu caí nesta jornada, Deus sabe que não foi nada fácil.

Minha amada família que sempre esteve comigo mesmo que longe, meu pai maravilhoso que me passou todos os ensinamentos de vida, pai é por você que eu acordo todos os dias com vontade de vencer. A minha irmã por ser a melhor irmã do mundo em todos os quesitos, me completa sempre. A minha mãe por sempre me apoiar e rezar por mim. Ao meu irmão e sobrinho que sempre alegram o meu viver.

A minha amiga Rosângela por sempre me incentivar desde o início desta jornada.

Gostaria de agradecer a minha orientadora Pollyanna, por ser sempre tão atenciosa e por sempre me dar apoio e segurança.

Ao meu coorientador Joel, que sempre me recebeu muito bem e me ajudou em todo o processo do mestrado e minha coorientadora Janaína pelos ensinamentos passados.

Ainda agradecendo a Deus, venho agradecer a cada pessoa certa que ele colocou no meu caminho, meus queridos amigos que fiz aqui e que levarei para sempre no meu coração Cíntia, Wallaf, Marcella, Priscila e Raquel eu não sei se vocês sabem a dimensão do que significam, mas estou aqui para agradecer todos os momentos compartilhados nesta jornada, amo vocês.

Ao meu amigo Oziel pelo incentivo de sempre.

A minha querida e amada amiga Samira por dividir todos os seus momentos comigo, e por me dar conselhos. Te amo e sentirei sua falta.

A Andressa por toda boa vontade em me ajudar, muito obrigada.

Ao professor Moises Zucoloto pela ajuda na obtenção da matéria-prima.

Ao professor Sérgio Saraiva pela imensa ajuda, muito obrigada.

A professora Daniela pela ajuda com o DPPH, obrigada pela atenção e disponibilidade.

Ao Jeferson da Universidade Federal de Viçosa, por me ajudar com o DPPH.
Ao Breno por me ajudar a baixar um programa, ao Pedro meu voluntário que sempre se colocou a disposição sempre que eu requisitei a sua ajuda.

A Clara Suprani, pela disposição em me ajudar, muito obrigada.

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que me ajudaram no andamento do projeto, Ruan, Lara e Jackeline, meus queridos estagiários que sempre se disponibilizaram a me ajudar, este projeto também é de vocês. Obrigada por tudo.

A todos os funcionários dos laboratórios e do PCTA, em especial Toninho e Amanda.

A UFES, pela oportunidade que me foi dada de ingressar no mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa.

*Espera no Senhor, anima-te, e
ele fortalecerá o teu coração.
(Salmos 27:14)*

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Composição do mamão..... | 5 |
| Tabela 2- Modelos de secagem, em que RU: razão de umidade, t: tempo de secagem, k: constante de secagem, n: expoente, a e c: constantes dos modelos..... | 12 |
| Tabela 3- Caracterização da polpa de mamão in natura..... | 31 |
| Tabela 4- Caracterização do extrato aquoso de mamão..... | 34 |
| Tabela 5- Fatores e níveis estudados na secagem em leito de espuma..... | 35 |
| Tabela 6- Parâmetros estimados, coeficiente de determinação ajustado (R) e erro padrão da regressão (S), para os modelos de Page, Lewis e de Henderson e Pabis (H&P), em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando maltodextrina como agente carreador..... | 37 |
| Tabela 7- Parâmetros estimados, coeficiente de determinação ajustado (R) e erro padrão da regressão (S), para os modelos de Page, Lewis e de Henderson e Pabis (H&P), em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando Capsul® como agente carreador..... | 40 |
| Tabela 8- Efeito do agente carreador sobre as variáveis resposta..... | 44 |
| Tabela 9- Efeito temperatura nas variáveis resposta..... | 45 |
| Tabela 10- Efeito do agente carreador sobre as variáveis resposta..... | 50 |
| Tabela 11- Efeito das técnicas de secagem nas variáveis resposta..... | 51 |
| Tabela 12- Desdobramento dos fatores técnicas de secagem e agente carreador..... | 53 |
| Tabela 13- Coordenadas de cor L*, a* e b* nos pós de extrato aquoso de mamão e parâmetros cinéticos após o armazenamento a 25 °C durante 60 dias..... | 77 |
| Tabela 14- Conteúdo total de carotenoides nos pós de extrato aquoso de mamão e parâmetros cinéticos após o armazenamento a 25 °C durante 60 dias..... | 78 |
| Tabela 15- Conteúdo total de compostos fenólicos nos pós de extrato aquoso de mamão e parâmetros cinéticos após o armazenamento a 25 °C durante 60 dias..... | 79 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1- Curvas típicas de secagem..... | 11 |
| Figura 2- Fluxograma de preparação dos pós..... | 25 |
| Figura 3- Esquema de condução das análises..... | 26 |
| Figura 4- Curvas de secagem em leite de espuma em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando maltodextrina como agente carreador..... | 38 |
| Figura 5- Curvas de secagem em leite de espuma do extrato aquoso de mamão utilizando maltodextrina em diferentes temperaturas de secagem..... | 39 |
| Figura 6- Curvas de secagem em leite de espuma em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando Capsul® como agente carreador..... | 41 |
| Figura 7- Curvas de secagem em leite de espuma do extrato aquoso de mamão utilizando Capsul® em diferentes temperaturas de secagem..... | 42 |
| Figura 8- Relação entre os fatores e as variáveis resposta. Umidade (A). Solubilidade (B). Compostos fenólicos (C). L* (D). DPPH (E). Atividade de água (F)..... | 46 |
| Figura 9- Desejabilidade global versus temperatura para os agentes testados..... | 49 |
| Figura 10- Pó produzido por liofilização com agente maltodextrina (A). Pó produzido por liofilização com agente Capsul® (B). Pó produzido por leite em espuma com agente maltodextrina (C). Pó produzido por leite em espuma com agente Capsul® (D)..... | 54 |
| Figura 11- Fluxograma de preparação dos pós..... | 67 |
| Figura 12- Fotomicrografias (MEV) dos agentes maltodextrina (A e B) e Capsul® (C e D)..... | 72 |
| Figura 13- Fotomicrografias (MEV) do extrato aquoso de mamão seco por leite em espuma utilizando maltodextrina (A e B) e Capsul® (C e D)..... | 73 |
| Figura 14- Fotomicrografias (MEV) do extrato aquoso de mamão seco por liofilização utilizando maltodextrina (A e B) e Capsul® (C e D)..... | 74 |
| Figura 15- Valores médios de Aw das amostras obtidas por secagem em leite de espuma..... | 75 |
| Figura 16- Valores médios de Aw das amostras obtidas por liofilização..... | 76 |

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| RESUMO..... | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 Referências bibliográficas | 3 |
| 2 OBJETIVOS..... | 4 |
| 2.1 Objetivo geral | 4 |
| 2.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 3 Revisão bibliográfica | 5 |
| 3.1 Mamão | 5 |
| 3.2 Conservação de frutas | 7 |
| 3.3 Secagem de alimentos..... | 8 |
| 3.3.1 Secagem em leite de espuma | 9 |
| 3.3.2 Curvas de Secagem..... | 10 |
| 3.4 Liofilização..... | 12 |
| 3.5 Referências bibliográficas | 15 |
| 4 CAPÍTULO I: Secagem em leite de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaia (<i>Carica papaya</i> L.): efeitos nas características físico-químicas | 20 |
| RESUMO..... | 20 |
| 4.1 Introdução | 21 |
| 4.2 Objetivos | 23 |
| 4.2.1 Objetivo geral | 23 |
| 4.2.2 Objetivos específicos..... | 23 |
| 4.3 Material e métodos..... | 24 |
| 4.3.1 Matéria-prima | 24 |
| 4.3.1 Preparo das polpas | 24 |
| 4.3.2 Preparo do extrato..... | 24 |
| 4.3.3 Preparação dos pós | 24 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.3.4 | Caracterização da polpa, extrato aquoso e pós | 26 |
| 4.3.5 | Delineamento experimental e análises estatísticas | 31 |
| 4.4 | Resultados e discussão..... | 34 |
| 4.4.1 | Caracterização da polpa e do extrato aquoso de mamão papaia | 34 |
| 4.4.2 | Avaliação do efeito da temperatura do ar sobre a cinética de secagem em leito de espuma utilizando maltodextrina e Capsul® | 37 |
| 4.4.3 | Estudo das condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leito de espuma | 43 |
| 4.4.4 | Otimização das condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leito de espuma – Desejabilidade | 48 |
| 4.4.5 | Estudo dos agentes carreadores na secagem por liofilização e por leito em espuma..... | 50 |
| 4.5 | Conclusão | 55 |
| | Referências bibliográficas..... | 57 |
| 4.6 | | 57 |
| 5 | CAPÍTULO II: Secagem em leito de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaia (<i>Carica papaya</i> L.): caracterização física dos pós e ESTUDO DA ESTABILIDADE AO ARMAZENAMENTO..... | 63 |
| | RESUMO..... | 63 |
| 5.1 | Introdução | 64 |
| 5.2 | Objetivos | 66 |
| 5.2.1 | Objetivo geral | 66 |
| 5.2.2 | Objetivos específicos..... | 66 |
| 5.3 | Material e métodos..... | 67 |
| 5.3.1 | Matéria-prima | 67 |
| 5.3.1 | Preparo do extrato..... | 67 |
| 5.3.2 | Preparação dos pós | 67 |
| 5.3.1 | Caracterização dos pós..... | 68 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.3.1 | Delineamento experimental e análises estatísticas | 70 |
| 5.3.2 | Resultados e discussão..... | 71 |
| 5.3.3 | Conclusão | 79 |
| 5.3.4 | Referencias bibliográficas | 80 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 82 |

RESUMO

GUIMARÃES DA SILVA, Natássia. **Secagem em leito de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.): avaliação físico-química e estabilidade dos produtos obtidos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Profa. Dra. Pollyanna Ibrahim Silva. Coorientador (es): Prof. Dr. Joel Camilo Souza Carneiro, Profa. Dra. Janaína Cecília Oliveira Villanova Konishi.

O mamão papaia (*Carica papaya* L.) se apresenta como fonte de vitamina C, cálcio, potássio, magnésio e carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina. Após a colheita do mamão, ocorrem perdas devido a sua rápida senescência. Conseqüentemente, o processamento pós-colheita é uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do mamão. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi realizar a secagem em leito de espuma e liofilização do extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.) e avaliar as propriedades físico-químicas dos produtos obtidos. Foi analisada a polpa (pH, ATT, Ratio e sólidos solúveis) e o extrato aquoso (sólidos solúveis, extrato seco, carotenoides, fenólicos e capacidade antioxidante). Foi preparado um extrato aquoso de mamão adicionado de dois agentes carreadores: Capsul® e maltodextrina, ambos na concentração de 30%. Foram produzidos pós utilizando as técnicas de leito em espuma e liofilização, e estes foram caracterizados com relação às características físico-químicas (A_w , umidade, higroscopicidade, carotenoides, solubilidade, capacidade antioxidante, compostos fenólicos). Para etapa de armazenamento os pós foram produzidos utilizando as técnicas de secagem em leito em espuma (60°C) e liofilização. Estes foram caracterizados com relação à microscopia eletrônica de varredura (MEV), atividade de água (A_w), carotenoides, compostos fenólicos e coordenadas de cor (L^* , a^* e b^*) e armazenados a 25°C por 60 dias. A polpa do mamão papaia da variedade Aliança mostrou-se apta a ser utilizada em processamento e para consumo *in natura* pelas características físico-químicas analisadas. O extrato aquoso analisado apresentou compostos fenólicos, e uma boa capacidade antioxidante avaliada por dois métodos. O modelo de Page foi o que melhor se adequou aos dados experimentais na cinética de secagem em leito de espuma. Levando-se em consideração os fatores estudados (agentes carreadores e temperaturas) na secagem em leito de espuma, pela desejabilidade recomendou-se a temperatura do ar de secagem de 60 °C e a utilização de maltodextrina como agente. No estudo do leito de espuma para diferentes temperaturas e agentes, Capsul® se apresentou melhor, sendo assim indicado como melhor agente utilizado na secagem por leito em espuma. Com relação ao estudo comparativo das técnicas de secagem (liofilização e leito em espuma) e agentes carreadores (maltodextrina e Capsul®), para a secagem do extrato aquoso de mamão papaia recomenda-se o uso do agente maltodextrina, por não apresentar diferença significativa quando comparado ao Capsul® para as respostas ABTS, higroscopicidade, solubilidade e carotenoides, apresentar maior DPPH e menor A_w , além disso possui um baixo custo quando comparado ao Capsul®. Para a técnica de secagem recomenda-se o uso da secagem por leito em espuma baseando na sua menor higroscopicidade,

maior teor de carotenoides, menor custo e menor tempo de processo. Pelas micrografias pode-se observar que a secagem por leite em espuma resultou em um produto não uniforme na forma e no tamanho das partículas para todas as amostras avaliadas. Para os pós liofilizados observou-se que as partículas apresentaram tamanhos variados não apresentando formatos bem definidos. Para a A_w , em ambas as técnicas e agentes, os valores obtidos foram baixos, variando entre 0,438 e 0,470, após os 60 dias de armazenamento, sendo os produtos considerados microbiologicamente estáveis. Foi observado que o tempo de meia vida dos carotenoides quando comparado numericamente aos compostos fenólicos, se apresentou menor. Os parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) apresentaram tempo de meia vida acima de 60 dias. Uma alternativa para minimizar a perda dos carotenoides, que são de grande importância, seria utilizar temperaturas de armazenamento mais baixas.

Palavras-chave: mamão, secagem, estabilidade ao armazenamento

ABSTRACT

GUIMARÃES DA SILVA, Natássia. **Foam mat drying and freeze-drying of aqueous extract of papaya (*Carica papaya* L.): effects on physicochemical characteristics and of the products obtained.** 2018. Dissertation (Master's degree in Food Science and Technology) – Federal University of Espírito Santo – ES. Advisor: Profa. DSc. Pollyanna Ibrahim Silva. Co-advisors Prof. DSc. Joel Camilo Souza Carneiro, Profa. DSc. Janaína Cecília Oliveira Villanova Konishi.

Papaya (*Carica papaya* L.) has a smooth bark with no external staining, with a thick pulp of orange-red color. Papaya is a source of vitamin C, calcium, potassium, magnesium and carotenoids, such as β -carotene, β -cryptoxanthin, lycopene, lutein and zeaxanthin. The aim of this work was to evaluate the effects of foam mat drying and freeze-drying on the physicochemical and stability properties of the papaya extract (*Carica papaya* L.). For this purpose, an aqueous extract of papaya of two carrier agents: Capsul® and maltodextrin, both with 30% concentration were prepared. The powders were prepared using foam mat and freeze-drying techniques, and were characterized in relation to the physicochemical characteristics (A_w , moisture content, solubility, hygroscopicity, phenolic compounds, antioxidant capacity and MEV) and stored for 60 days at 25° C. After determination of soluble solids content, moisture content and titratable acidity, it was observed that papaya pulp was suitable for use in processing and for consumption. The aqueous extract of papaya was considered a potential source of natural antioxidants for the human diet. The Page model was the best that fit the experimental data on foam mat drying kinetics. Considering the factors studied (carrier agents and temperatures), in the foam mat drying, by the simultaneous optimization of the response variables, the drying air temperature of 60 °C and the use of maltodextrin as agent were recommended. In relation to the comparative study of drying techniques (freeze-drying and foam mat drying) and carrier agents (maltodextrin and Capsul®), the use of maltodextrin agent and the foam mat technique is recommended for the drying of the papaya aqueous extract, based on its lower hygroscopicity, higher carotenoid content, lower cost and shorter process time. From the photomicrographs, it can be observed that the foam mat drying resulted in a non-homogeneous product form and in the particle size for the samples evaluated. For the freeze-dried powders, it was observed that the particles had different sizes and did not present well-defined shapes. It can be observed that the A_w , for both techniques and agents, were low, with values between 0.438 and 0.470 after 60 days of storage. It was observed that the half-life time of carotenoids when compared to phenolic compounds was lower. The color parameters (L^* , a^* and b^*) presented half-life time over 60 days. An alternative to minimize carotenoid loss, which is of great importance, would be to use the lowest storage temperatures.

Keywords: papaya, drying, storage stability.

1 INTRODUÇÃO

O mamão papaia (*Carica papaya* L.) é uma planta nativa da América Tropical, pertencente à família das *Caricaceae*s (MARIN, 2004). Possui casca lisa, sem manchas externas, com polpa espessa, de coloração vermelho alaranjada, com o amadurecimento lento e altos teores de açúcares (ALMEIDA et al., 2003). O papaia é uma cultura frutícola importante, que serve como uma boa fonte de nutrientes como vitamina C, cálcio, potássio e magnésio (BAUTISA et al., 2013), além de apresentar carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina (KHONSARN; LAWAN, 2012).

O Brasil é o segundo produtor mundial de mamão, com uma produção de 1.517.696 toneladas/ano, situando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu. A espécie *Carica papaya* L. é a mais cultivada em todo mundo (EMBRAPA, 2017). O Espírito Santo é o maior exportador de mamão do Brasil. Entretanto, menos de 1,6% do mamão brasileiro é exportado devido ao mercado internacional ser altamente competitivo (INCAPER, 2017).

Após a colheita do mamão, ocorrem perdas consideráveis devido a sua rápida senescência, que provoca alta perecibilidade. Conseqüentemente, o processamento pós-colheita é uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do produto (BRAMLEY, 2000; KHONSARN; LAWAN, 2012).

Com isso, é desejável produzir um pó seco a partir do extrato desta fruta ou mesmo da fruta *in natura*, uma vez que o pó é mais fácil de manusear e possui maior conservação do que um extrato, pois se torna menos susceptível a oxidação e degradação, principalmente com relação aos compostos bioativos, garantindo a disponibilidade do produto (TAN et al., 2014).

Duas técnicas são frequentemente utilizadas na desidratação de alimentos, são elas: liofilização e secagem em leito em espuma. A liofilização é um processo pelo qual a água é removida por desidratação, através da sublimação da água nos alimentos. Esta técnica é indicada para a secagem de materiais contendo componentes antioxidantes e sensíveis ao calor, como tocoferóis, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos. A secagem por liofilização é conhecida por prolongar a vida útil dos alimentos, além de atuar minimizando o crescimento microbiano e retardando a oxidação lipídica (MARQUES; SILVEIRA; FREIRE, 2006).

A secagem em leito de espuma é um método simples que consiste na secagem de alimentos líquidos, que necessariamente devem ser convertidos em espuma por meio da adição de agentes espumantes (RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006; RAJKUMAR et al., 2007). Nesta secagem, utilizam-se secadores de bandeja. O menor tempo de exposição do produto a altas temperaturas, quando comparado à secagem convencional, acarreta a obtenção de produtos em pó com características nutricionais preservadas (SOUZA, 2011).

Para um melhor aproveitamento do mamão papaia, quer seja excedente de produção ou não conforme para a exportação, uma alternativa seria a elaboração de um produto em pó a partir de seu extrato. Os pós produzidos seriam mais fáceis de manusear, apresentando, também, menor custo de transporte e maior conservação que o extrato aquoso, pois se tornam menos susceptíveis a oxidação e degradação química e microbiana. Para a produção dos pós duas técnicas podem ser aplicadas, a liofilização e a secagem por leito em espuma. Ambas as técnicas podem preservar características dos produtos *in natura* como sabor, cor, valor nutricional e atividade de compostos bioativos.

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi realizar a secagem em leito de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaia (*carica papaya* L.) e avaliar as propriedades físico-químicas e estabilidade dos produtos obtidos.

1.1 Referências bibliográficas

ALMEIDA, F. T.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; MARIN, S. L. D.; GRIPPA, S. Growth and yield of papaya under irrigation. **Scientia Agrícola**, v. 60, n.3, p. 419-424, 2003.

BAUTISA, B. S.; SIVAKUMAR, D.; PÉREZ, A.; VILLANUEVA, A. R. HERNÁNDEZ, M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, 2013.

BRAMLEY, P. M. Is lycopene beneficial to human health?. **Phytochemistry**, v. 54, n. 3, p. 233–236, 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mamao>>. Acesso em 16 mar. 2017.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/fruticultura-mamao>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

KHONSARN, N.; LAWAN, S. Level of Xanthophyll, Lutein and Zeaxanthin in Selected Thai Fruits Determined by HPLC. **International Proceedings of Chemical**, v. 39, p. 240-243, 2012.

MARIN, S. L. D.; Mamão Papaya – Produção, Pós colheita e Mercado. In: 11ª SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 2004, Ceará. **Anais...** Fortaleza: Instituto de desenvolvimento da fruticultura e agroindústria, p. 82, 2004.

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T.; Freeze- drying characteristics of tropical fruits. **Drying Technology**,. v. 24, p. 457-463, 2006.

RAHARITSIFA, N.; GENOVESE, D. B.; RATTI, C.; Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. **Journal of Food Science**. v.71, p.142–151, 2006.

RAJKUMAR, P., KAILAPPAN, R., VISWANATHAN, R., RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, . v.79, p. 1452-1459, 2007.

SOUZA, V. C.; **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (Theobroma Grandiflorum)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal da Bahia, Itapetinga.

TAN, S. P.;STATHOPOULOS, C.; PARKS, S.; ROACH,P. Optimised Aqueous Extract of Phenolic Compounds from Bitter Melon with High Antioxidant Capacity. **Antioxidants (Basel)**, v. 3, n. 4, p. 814–829, 2014.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar a secagem em leito de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.) e avaliar as propriedades físico-químicas e estabilidade ao armazenamento dos produtos obtidos.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa e o extrato aquoso de mamão papaia em relação às suas características físico-químicas e teor de carotenoides, compostos fenólicos e capacidade antioxidante;
- Avaliar o efeito da temperatura do ar de secagem sobre a cinética de secagem em leito de espuma utilizando maltodextrina e Capsul®;
- Ajustar modelos matemáticos para descrever a operação de secagem;
- Determinar as melhores condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leito de espuma;
- Liofilizar os extratos aquosos de mamão papaia utilizando maltodextrina e Capsul® como agentes crioprotetores;
- Caracterizar os produtos produzidos via secagem em leito em espuma e liofilização com relação a teor de carotenoides, compostos fenólicos, compostos fenólicos, higroscopicidade, solubilidade, umidade e atividade de água;
- Comparar os melhores tratamentos da secagem por leito em espuma com secagem por liofilização, selecionando os pós com melhores características;
- Estudar a estabilidade dos pós selecionados durante o armazenamento por 60 dias.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Mamão

O mamão papaia (*Carica papaya* L.) é uma planta nativa da América Tropical, pertencente à família das *Caricaceae*s (MARIN, 2004). Possui uma casca lisa, sem manchas externas, com polpa espessa, de coloração vermelho alaranjada, com o amadurecimento lento e altos teores de açúcares (ALMEIDA et al., 2003). O papaia é uma cultura frutícola importante, que serve como uma boa fonte de nutrientes como vitamina C, cálcio, potássio e magnésio (BAUTISA et al., 2013), além de apresentar carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina (KHONSARN; LAWAN, 2012).

A Tabela 1 apresenta alguns parâmetros físico-químicos presentes no mamão, que são influenciados por diversos fatores como variedade, época e local de colheita e manuseio pós-colheita (FAGUNDES; YAMANISHI, 2001).

Tabela 1- Parâmetros físico-químicos do mamão

| Parâmetros | Quantidade |
|-------------------------|------------|
| pH | 5,6-5,7 |
| Acidez titulável (%) | 0,05-0,18 |
| Umidade (%) | 86-88 |
| Sólidos solúveis (Brix) | 9-13 |

Fonte: EMBRAPA, 2013.

A fruta também é conhecida por suas propriedades medicinais, podendo ser utilizada na prevenção de várias doenças como asma, úlceras, enfizema, diabetes e infecções (NGUYEN et al., 2013). O mamão papaia também apresenta atividade anti-inflamatória, auxilia na redução do risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares, dengue, câncer, malária, hiperglicemia e hipoglicemia (GUPTA; WAMBEBE; PARSONS, 1990; NAYAK et al., 2007; OWOYELE et al., 2008; GOYAL et al., 2010; OTSUKI et al., 2010; IYER; SHARMA; PATIL., 2011; PEDRO et al., 2011; LEE et al., 2009; KOVENDAN et al., 2012; YASMEEN; PRABHU, 2012; NUNES et al., 2013). Ainda, apresenta relevância na indústria de alimentos, pois é fonte de papaína, enzima que atua no melhoramento de propriedades físico-

químicas e sensoriais de produtos cárneos (ABDEL-NAEEM; MOHAMED, 2016), bem como na indústria de medicamentos, em função da ação de debridamento químico da pele atribuída a mesma (PAYNE et al., 2008).

O Brasil é o segundo produtor mundial de mamão, com uma produção de 1.517.696 toneladas/ano, situando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu. A espécie *Carica papaya* L. é a mais cultivada em todo mundo (EMBRAPA, 2017).

Os principais polos de produção da fruta no Brasil se encontram nas regiões Sudeste e Nordeste, sendo a Bahia e o Espírito Santos responsáveis por cerca de 70% da área e da produção de mamão no país. O Espírito Santo é o maior exportador de mamão do Brasil. Entretanto, menos de 1,6% do mamão brasileiro é exportado devido ao mercado internacional ser altamente competitivo. O estado é o segundo maior produtor de mamão com cerca de 361.270 toneladas anuais, com uma área plantada de aproximadamente 7.000 ha, e uma produtividade em torno de 50 toneladas/hectare por ano (INCAPER, 2017).

Devido às condições edafoclimáticas favoráveis à produção de mamão se concentrarem no norte do estado, é possível sua exploração como atividade agrícola de alta rentabilidade e de grande importância econômica e social. São cultivados mamoeiros tanto do grupo Solo, conhecidos comumente como “mamão Papaia ou Havaí”, quanto do grupo Formosa (INCAPER, 2017). Os genótipos do grupo Solo são encontrados em várias regiões do mundo, produzem frutos menores e são preferencialmente exportados. Os do grupo formosa apresentam frutos maiores, normalmente híbridos comerciais (PICOLLO et al., 2014).

A colheita do mamão papaia inicia-se normalmente de oito a nove meses após o plantio, colhendo-se semanalmente, dependendo do local e da época de plantio. Na região Norte do estado do Espírito Santo, devido ao efeito de temperatura sobre o crescimento e maturação do fruto, considera-se a ocorrência de duas épocas distintas de colheita: de verão entre setembro e abril e de inverno entre maio e agosto (MARIN, 2004). Porém, após a colheita do mamão ocorrem perdas consideráveis devido a sua rápida senescência, que provoca alta perecibilidade. Isso ocorre pelo fato do fruto ser climatérico, cujas transformações resultantes do amadurecimento ocorrem rapidamente após a colheita (FONTES et al., 2008).

Neste contexto, o processamento é uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do produto (KHONSARN e LAWAN, 2012), além de favorecer o aproveitamento dos frutos excedentes, não destinados ao mercado e à exportação.

3.2 Conservação de frutas

Mundialmente entre um quarto e um terço dos alimentos produzidos anualmente para o consumo humano se perde ou é desperdiçado. Isso equivale a 30% dos cereais, entre 40 e 50% das raízes, frutas, hortaliças e sementes oleaginosas, 20% da carne e produtos lácteos e 35% dos peixes. As perdas se referem à diminuição nas fases de produção, pós-colheita, armazenamento e transporte (FAO, 2018).

As perdas pós-colheita das frutas podem ser definidas como aquelas que ocorrem após a colheita em virtude da falta de comercialização ou do consumo do produto em tempo hábil; ou seja, resultante de danos à cultura, ocorridos após a sua colheita, acumulada desde o local da produção, somando-se aos danos ocorridos durante o transporte, armazenamento, processamento e comercialização (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

Neste contexto, o processamento de frutas é uma alternativa para contribuir para a diminuição das perdas pós-colheita, prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do produto (KHONSARN e LAWAN, 2012), além de favorecer o aproveitamento dos frutos excedentes, não destinados ao mercado e à exportação.

Existem diversas técnicas utilizadas no processamento de frutas, como fabricação de compotas, geleias, sucos e polpas. Porém a desidratação de frutas se destaca por diversos fatores, como: baixo custo, ser normalmente de fácil obtenção, reduzir custos com transporte e comercialização devido ao menor volume, promover estabilidade à temperatura ambiente, e possibilitar maior vida de prateleira das frutas por dificultar o desenvolvimento de microrganismos que normalmente deterioram estes produtos (MUJUMDAR, 2004).

A secagem atua na preservação de frutas reduzindo a atividade de água, evitando uma potencial deterioração e contaminação durante o período de

estocagem, retarda a germinação e o ataque de insetos torna-se menos susceptível (PARRY, 1985; PEREDA, 2005; JAYAS, 2003).

Dentre as secagens, as frequentemente utilizadas são empregando o ar quente, ou seja, com aquecimento do alimento, utilizando equipamentos como secadores de bandeja, spray dryer, leito fluidizado, tambor e câmara a vácuo. E a secagem sem o aquecimento do alimento, liofilização (FELLOWS, 2006).

3.3 Secagem de alimentos

A secagem é definida como a extração deliberada, em condições controladas, da água que os alimentos contém. Esta operação é realizada por evaporação ou sublimação (PEREDA et al., 2005). Os principais objetivos da secagem relacionados à indústria de alimentos podem ser resumidos da seguinte forma:

- i) Aumentar o tempo de conservação dos alimentos. A secagem é um método de conservação no qual se reduza atividade de água do alimento e como consequência ocasiona uma diminuição do crescimento de microrganismos, da atividade de algumas enzimas e determinadas reações químicas, além disso, a secagem acarreta um retardo da germinação e a diminuição de ataque de insetos. Portanto é na evaporação ou sublimação da água que se dá o efeito de conservação dessa operação, visto que normalmente a temperatura utilizada para este processo não é suficiente para inativar os agentes de alterações do alimento (PARRY, 1985; PEREDA, 2005; JAYAS, 2003).
- ii) Reduzir volume e peso, facilitando o manuseio. A eliminação da água do alimento acarreta na diminuição do peso e em alguns casos tem efeito no volume, levando a menos custos com transporte e armazenamento (PEREDA, 2005; DELELE; WEIGLER; MELLMAN, 2015).
- iii) Facilitar e diversificar a oferta de produtos. Quando aplicada em algumas situações a secagem permite obter um produto de mais fácil utilização e com características de textura, aroma e sabor distintos (PEREDA, 2005; DELELE; WEIGLER; MELLMAN, 2015).

3.3.1 Secagem em leito de espuma

A secagem em leito de espuma é um método simples que consiste na secagem de alimentos líquidos, que necessariamente devem ser convertidos em espuma por meio da adição de agentes espumantes. Para a realização deste método de secagem são necessárias duas etapas (RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006; RAJKUMAR et al., 2007).

- 1- Transformar a estrutura do alimento em uma espuma estável por meio de agitação em batedeiras mediante a adição de agentes espumantes;
- 2- A espuma deve ser espalhada uniformemente sobre uma superfície e levada a um secador, resultando em um produto quebradiço e poroso e de fácil transformação em pó;

A maioria dos alimentos contém proteínas e monoglicérides que produzem espumas quando batidos. Porém as espumas produzidas não são satisfatórias para uma posterior secagem, pois não são estáveis, fazendo com que quase sempre seja necessária a adição de agentes espumantes. Os agentes estabilizantes comumente empregados são: carboximetilcelulose, monoesterato de sobitana, gomaxantana, albumina em pó, pectina cítrica, Emustab® (à base de monoglicérides destilados, monoestearato de sorbitana e polissorbatato 60) e super liga neutra (BREDA et al., 2013).

A secagem em leito de espuma ocorre em taxa constante devido ao rompimento periódico de sucessivas camadas de espuma que expõem novas camadas ao calor ocorrendo à transferência de massa à medida que a secagem procede. Este método é adequado para quaisquer materiais sensíveis ao calor, pegajosos e viscosos que não podem ser secos por spray dryer (FERNANDES et al., 2013, KANDASAMY; VARADHARAJU; MALADHI, 2014).

Esta técnica é considerada de baixo custo, em que se utilizam temperaturas mais baixas quando comparadas à secagem convencional (RAJUMAR et al., 2007). As vantagens do processo de secagem em leito de espuma são: (i) taxa de secagem rápida, (ii) temperatura mais baixa, (iii) retenção de qualidade nutricional e sensorial e (iv) maior propriedade de reconstituição do pó, sendo adequado para matéria prima sensível (KADAM et al., 2010).

Os produtos derivados da secagem em leito de espuma normalmente apresentam uma granulometria maior quando comparados aos produtos secos por tambor e por secagem em spray dryer. O produto seco possui propriedades desejadas, como a reidratação, densidade controlada e retenção de substâncias voláteis que se perderiam utilizando outras técnicas de secagem (KANDASAMY; VARADHARAJU; MALADHI, 2014).

A secagem em leito de espuma tem sido utilizada em vegetais por diversos autores, que obtiveram resultados satisfatórios como Lobo et al. (2017) ao aplicarem esta técnica em mangas, concluíram que a técnica contribuiu para uma maior retenção de compostos fenólicos e da atividade antioxidante. Franco e colaboradores (2015) ao realizarem a secagem em leito de espuma do suco de yacon concluíram que o produto em pó obtido apresentou boa qualidade, podendo ser inserido em várias formulações de alimentos. Kadam; Balasubramanian (2011) ao secarem suco de tomate observaram que o pó de tomate desidratado mostrou-se promissor na potencial aplicação para sucos de vegetais.

A técnica de secagem em leito de espuma pode ser utilizada para secagem de outros alimentos como em camarões (AZIZPOUR, 2013), suco de maçã (RAHARITSIFA; GENOVESE; RATTI, 2006), arroz germinado (SRITONGTAE; MORGAN; DUANGMA, 2017) e bebidas lácteas do tipo “smoothies” (TAHSIRI; NIAKOUSARI; MESBAH, 2017).

3.3.2 Curvas de Secagem

No decorrer da secagem ocorre a evaporação da água na superfície do alimento que foi transportada do interior do sólido. Os mecanismos desse transporte são: difusão líquida, difusão de vapor e fluxo de líquido e de vapor. As características específicas de cada produto, as propriedades do ar de secagem e de transferência de calor adotado, geram diversas condições de secagem. Contudo, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer condição de secagem. O processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos como representado na Figura 1 (PARK; YADO; BROD, 2001).

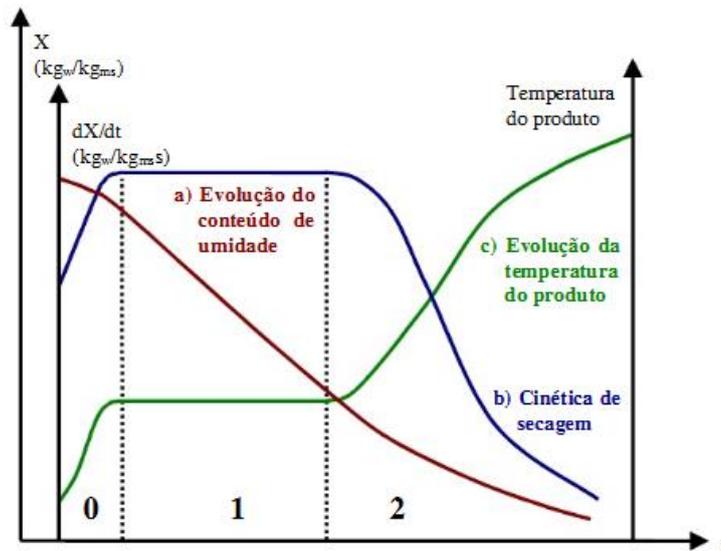


Figura 1- Curvas típicas de secagem.

Fonte: PARK; YADO; BROD, 2001

A curva (a) representa a diminuição do teor de água durante a secagem e o conteúdo de umidade do produto em base seca (X), em relação ao tempo de secagem (t), ou seja, é a curva obtida pesando o produto durante a secagem em uma condição de secagem conhecida.

A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto, variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt em relação ao do tempo (t).

A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem, ou seja, é a curva obtida medindo a temperatura do produto em diferentes tempos durante a secagem.

Ao analisar os períodos, observa-se que o primeiro período (0) representa o início da secagem, onde ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor da água. O segundo período (1) é caracterizado pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre, a transferência de calor e de massa são equivalentes, com isso, a taxa de secagem é constante. No terceiro período (3) a taxa de secagem é decrescente, a quantidade de água na superfície do alimento é menor, ocorrendo então à transferência de massa. No decorrer da secagem, ao se observar a não ocorrência de transferência de massa, tem-se o ponto da umidade de equilíbrio, dando por encerrado o processo de secagem.

A secagem pode ser descrita por modelos matemáticos, que possibilitam a obtenção de estimativas do tempo necessário para redução do teor de água do produto, em diferentes condições de secagem (KADAM; BALASUBRAMANIAN,

2011). Alguns modelos são comumente usados para modelagem e simulação matemática. Os modelos matemáticos de Henderson e Pabis (1962), Lewis (1921), Page (1949) e Yagcioglu (1999) são largamente adotados em processos de secagem (Tabela 2).

Tabela 2- Modelos de secagem

| | |
|-------------------|---------------------|
| Henderson e Pabis | $RU = ae^{-kt}$ |
| Lewis | $RU = e^{-kt}$ |
| Logarítmico | $RU = ae^{-kt} + c$ |
| Page | $RU = e^{-kt^n}$ |

RU: razão de umidade, t: tempo de secagem, k: constante de secagem, n: expoente, a e c: constantes dos modelos.

Para determinar o valor da Razão de umidade (RU) é possível prever o teor de umidade no instante t, conforme a Equação 1.

$$RU = \frac{U_t - U_e}{U_o - U_e} \quad (1)$$

Onde:

RU= razão de umidade (adimensional)

U_t = teor de água no instante t, base seca (kg água/kg massa seca)

U_e = Umidade de equilíbrio entre o ar de secagem e a espuma (kg água/kg massa seca)

U_o = teor de umidade inicial, base seca (adimensional)

3.4 Liofilização

A liofilização é um processo de secagem no qual a água do alimento é cristalizada a uma baixa temperatura e depois sublimada do estado sólido diretamente para a fase de vapor (LIU; ZHAO; FENG, 2008). O pré-requisito para a sublimação é que a pressão de vapor e a temperatura devem ser mantidas abaixo

do ponto triplo da água (0,6 kPa e 0,01 °C), nessas condições o gelo pode se sublimar sem se fundir (MUMENTHALER; LEUENBERGER, 1991).

A liofilização divide-se em três estágios principais: congelamento, sublimação e dessorção, que são descritos a seguir:

i) Congelamento: A qualidade da liofilização depende significativamente do congelamento, pois ele define a forma, tamanho e distribuição dos poros. Esses parâmetros influenciam na transferência de massa e calor do produto durante a secagem primária e secundária. Quando os cristais de gelo se apresentam pequenos e descontínuos a taxa de transferência de vapor de água pode ser limitada. Porém se os cristais de gelo são formados de maneira apropriada, a taxa de transferência de massa de vapor de água na camada seca pode ser elevada e o produto secar em um menor tempo (PEREDA, 2005; FELLOWS, 2006).

ii) Sublimação: À medida que o gelo sublima, a temperatura da superfície do alimento começa a aumentar, enquanto o interior permanece frio ou congelado. As condições típicas utilizadas na liofilização são temperatura superficial do produto de -40 a -10°C. Esta etapa pode durar de 6 a 10 horas, onde o conteúdo de água é reduzido a 15% sobre o peso umido inicial do alimento. O vapor de água deve ser eliminado à medida que é produzido, visto que a pressão de vapor no liofilizador deve ser mantida abaixo da pressão de vapor na superfície do gelo. A velocidade desta técnica depende da resistência do alimento a transferência de calor e massa para a frente de sublimação (PEREDA, 2005; FELLOWS, 2006).

iii) Dessorção: Depois de eliminado todo o gelo, o alimento continua retendo certa quantidade de água líquida. Porém para obter um produto estável, a umidade deverá ser reduzida entre 2 a 8%. A dessorção consiste na retirada da água que ainda está ligada a estrutura do alimento, e para que isso ocorra o calor utilizado é o mesmo fornecido na sublimação a temperatura do produto é aumentada de 20 a 40 °C dependendo do produto (PEREDA, 2005; FELLOWS, 2006).

Sabe-se que os produtos liofilizados possuem características semelhantes as dos produtos frescos. Com isso, o sabor, nutrientes, porosidade, cor, textura e a atividade biológica são preservados tornando esta técnica viável para a secagem de alimentos sensíveis ao calor. Porém pode haver um declínio no conteúdo de antioxidantes devido à degradação de certos compostos como β - caroteno (SHOFIAN et al.; 2011).

A secagem por liofilização tem sido utilizada em vegetais por diversos autores, que obtiveram resultados satisfatórios, como Pérez-Gregorio et al. (2011) que ao liofilizar cebola roxa concluíram que o processo de liofilização acarreta em um aumento na extração de flavonóides e antocianinas. Agudelo et al. (2016) ao liofilizar toranjas concluíram que houve uma retenção de 90% dos compostos fitoquímicos. Çalişkan; Ergün; Dirim (2015) liofilizaram kiwi, e os resultados mostraram que este método de secagem pode ser aplicado de forma satisfatória nesta fruta para obtenção de um pó que possa ser usado como ingrediente na indústria, visto que o pó apresentou um alto conteúdo de vitamina C.

Sendo assim, para um melhor aproveitamento do mamão papaia, quer seja excedente de produção ou não conforme para a exportação, uma alternativa seria a elaboração de um produto em pó a partir de seu extrato. Os pós produzidos seriam mais fáceis de manusear, apresentando, também, menor custo de transporte e com maior conservação que o extrato aquoso, pois se tornam menos susceptíveis a oxidação e degradação química e microbiana.

3.5 Referências bibliográficas

ABDEL-NAEEM, H. H. S.; MOHAMED, H. M. H. Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. **Meat Science**, v. 118, p. 52–60, 2016.

AGUDELO, C.; IGUAL, M.; CAMACHO, M.; MARTÍNEZ –NAVARRETE, N. Effect of process technology on the nutritional, functional, and physical quality of grapefruit. **Food Science and Technology International**, v.23, n.1, p. 61–74, 2016.

ALMEIDA, F. T.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; MARIN, S. L. D.; GRIPPA, S. Growth and yield of papaya under irrigation. **Scientia Agrícola**, v. 60, n.3, p. 419-424, 2003.

AZIZPOUR, M. MOHEBBI, M.; KHODAPARAST, M. H. H.; VARIDI, M. Foam-mat drying of shrimp: Characterization and drying kinetics of foam. **Agricultural Engineering International: CIGR Journal**, v. 15, n. 3, p. 159–165, 2013.

BAUTISA. B. S.; SIVAKUMAR, D.; PÉREZ, A.; VILLANUEVA, A. R. HERNÁNDEZ, M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, 2013.

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDONÃ, E. J.; Efeito da desidratação foam mat na retenção de vitamina C da polpa de cajá-manga. **Brazilian Journal of food and nutrition**, n. 2, p. 189-193, 2013.

ÇALISKAN, G.; ERGÜN, K.; DIRIM, S. N. Freeze Drying of Kiwi (*Actinidia deliciosa*) Puree and the Powder Properties. **Italian Journal Food Science**, v. 27, p. 385–397, 2015.

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

DELELE, M. A.; WEIGLER, F.; MELLMAN, J.; Advances in the Application of a Rotary Dryer for Drying of Agricultural Products: A Review. **Drying Technology**, v. 33, p. 541–558, 2015.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mamao>>. Acesso em 13 nov. 2017.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, 2001.

FAO. Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. Disponível em: <<http://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

FELLOWS, P. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**- 2ªEd. – Editora: Acribia, 2007.

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F.; BOTREL, D. A.; ROCHA, V. V.; LIMA, C. F.; SOUZA, V.R. Foam mat drying of tomato pulp. **Bioscience Journal**, v. 29, p. 819–825, 2013.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda da firmeza de mamão cv. Sunrise solo e tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, p.54-58, 2008.

FRANCO, T. S.; ELLENDERSEN, L. N.; FATTORI, D.; GRANATO, D.; MASSON, M. L. Influence of the addition of ovalbumin and emulsifier on the physical properties and stability of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) juice foams prepared for foam mat drying process. **Food Bioprocess and Technology**, v.8, p. 2012-2026,2015.

GOYAL, S.; MANIVANNAN, B.; ANSARI, A. S.; JAIN, S. C.; LOHIYA, N. K. Safety evaluation of long term oral treatment of metanol sub-fraction of the seeds of *Carica papaya* as a male contraceptive in albino rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 27, p. 286-291, 2010.

GUPTA, A.; WAMBEBE, C.; PARSONS, D. L. Central and cardiovascular effects of alcoholic extract of the leaves of *Carica papaya*. **Pharmaceutical Biology**, v. 28, p. 257-266, 1990.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I: temperature effect on drying coefficient. **Journal of Agricultural Research Engineering**, v. 12, p. 732-736, 1962.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/fruticultura-mamao>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

IYER, D.; SHARMA, B. K.; PATIL, U. K. Effect of ether- and watersoluble fractions of *Carica papaya* ethanol extract in experimentally-induced hyperlipidemia in rats. **Pharmaceutical Biology**, v.49, p.1306-1310, 2011.

JAYAS, D.; WHITE, N. Storage and drying of grain in Canada: Low cost approaches. **Food Control**, v.14, p. 255–261, 2003.

KADAM, D. M., PATIL, R. T, KAUSHIK, P.; **Foam mat drying of fruit and vegetable products**. In Handbook of Drying of Foods, Vegetables and Fruits. Singapore: Jangam, Vol. 1, 2010, 111-124 p.

KADAM, D. M.; BALASUBRAMANIAN, S. Foam mat drying of tomato juice. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 35, n. 4, p. 488–495, 2011.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MALADHI. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **Journal of food Sciencia technology**, v. 51, p. 2526-2534, 2014.

KHONSARN, N.; LAWAN, S. Level of Xanthophyll, Lutein and Zeaxanthin in Selected Thai Fruits Determined by HPLC. **International Proceedings of Chemical**, v. 39, p. 240-243, 2012.

KOVENDAN, K.; MURUGAN, K.; PANNEERSELVAM, C.; AARTHI, N. KUMAR, P.; SUBRAMANIAM, J.; AMERASAN, D.; KALIMUTHU, K.; VINCENT, S. Anti-malarial activity of *Carica papaya* (Family: Carica-ceae) leaf extract against *Plasmodium falciparum*. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, p. 306-311, 2012.

LEE, Y. M.; SEON, M. R.; CHO, H. J.; KIM, J. S.; PARK, J. H. Benzyl isothiocyanate exhibits anti-inflammatory effects in murine macrophages and in mouse skin. **Journal of Molecular Medicine**, v. 87, p. 1251–1261, 2009.

LEWIS, W. K. The rate of drying of solid materials. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 13, n. 5, p. 427-433, 1921.

LIU, Y.; ZHAO, Y.; FENG, X.; Exergy analysis for a freeze-drying process. **Thermal Engineering**, v. 28, p. 675-690, 2008.

LOBO, F. A.; NASCIMENTO, F. A.; DOMINGUES, M. A.; FALCÃO, J. R.; HERNANZ, D. Q.; HEREDIA, D.; LIMA, F. J. A.; GOMES, K. Foam mat drying of Tommy Atkins mango: Effects of air temperature and concentrations of soy lecithin and carboxymethylcellulose on phenolic composition, mangiferin, and antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 221, p. 258–266, 2017.

MARIN, S. L. D.; **Mamão Papaya – Produção, Pós colheita e Mercado**. In: 11ª SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 2004, Ceará. Anais... Fortaleza: Instituto de desenvolvimento da fruticultura e agroindústria, p. 82, 2004.

MUJUMDAR, A .S.; **Role of IDS in promoting innovation and global R&D effort in drying technologies In Drying**, Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS 2004), São Paulo, Brazil, 22-25- August, vol A, 101-118, 2004.

MUMENTHALER, M.; LEUENBERGER, H. Atmospheric spray freeze-drying: a suitable alternative in freeze drying technology. **International Journal of Pharmaceutics**, p. 97-110, 1991.

NAYAK, S.; PINTO, B. PEREIRA, L.; MAHARAJ, D. Wound healing activity of *Carica papaya* L. in experimentally induced diabetic rats. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 45, p. 739–743, 2007.

NGUYEN, T. T.; SHAW, P. N.; PARAT, M. O.; HEWAVITHARANA, A. K. Anti-cancer activity of *Carica papaya*: A review. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 57, p. 153-164, 2013.

NUNES, N. N.; SANTANA, L. A.; SAMPAIO, M. U.; LEMOS, F. J.; OLIVA, M. L. The component of *Carica papaya* seed toxic to *A. aegypti* and the identification of tegupain, the enzyme that generates it. **Chemosphere**, v. 92, p. 413–420, 2013.

OTSUKI, N.; DANG, N. H.; KUMAGAI, E.; KONDO, A.; IWATA, S.; MORIMOTO, C. Aqueous extract of *Carica papaya* leaves exhibits anti-tumor activity and immunomodulatory effects. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 127, p. 760-767, 2010.

OWOYELE, B. V.; ADEBUKOLA, O. M.; FUNMILAYO, A. A.; SOLADOYE, A. O. Anti-inflammatory activities of ethanolic extract of *Carica papaya* leaves. **Inflammopharmacology**, v. 16, p. 168-173, 2008.

PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. 1949. Dissertação (Mestrado)- Purdue University, West Lafayette, 1949.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*pyrus sp.*) Em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 288–292, 2001.

PARRY, J. Mathematical modelling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: A review. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 32, p. 1-29, 1985.

PAYNE, W. G.; SALAS, R. E.; KO, F.; NAIDU, D. K.; DONATE, G.; WRIGHT, T. E.; ROBSON, M. C. Enzymatic debriding agents are safe in wounds with high bacterial bioburdens and stimulate healing. **Eplasty**, v. 8, p. 151-156, 2008.

PEDRO, C. Q.; TANIA, G. F.; INGRID, R. B.; SANTIAGO, G. T. Anti-fungal activity in ethanolic extracts of *Carica papaya* L. cv. maradol leaves and seeds. **Indian Journal of Microbiology**, v. 51, p. 54-60, 2011.

PEREDA, J. A. O.; **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294p.

PÉREZ-GREGORIO, M. R.; REGUEIRO, J.; GONZÁLEZ-BARREIRO, C.; RIAL-OTERO, R.; SIMAL-GÁNDARA, J. Changes in antioxidant flavonoids during freeze-drying of red onions and subsequent storage, **Food Control**, v. 22, p. 1108-1113, 2011.

PICOLLO, M. P.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, M. B.; PINOTTI, L. M.; **Ciência e Tecnologia de Alimentos: Produção e Sustentabilidade**. Jundiaí: Pacco Editorial, 2014. 396 p.

RAHARITSIFA, N.; GENOVESE, D. B.; RATTI, C. Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. **Journal of Food Engineering and Physical Properties**, v. 71, n. 3, p. E142–E151, 2006.

RAHARITSIFA, N.; GENOVESE, D. B.; RATTI, C.; Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. **Journal of Food Science**, 2006, v. 71, p. 142–151.

RAJKUMAR, P., KAILAPPAN, R., VISWANATHAN, R., RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v.79, p. 1452-1459, 2007.

SHOFIAN, N. M.; HAMID A. A.; OSMAN, A.; SAARI, N.; ANWAR, F.; DEK, M. S. P.; HAIRUDDIN, M. R. Effect of freeze-drying on the antioxidant compounds and antioxidant activity of selected tropical fruits. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 12, n. 7, p. 4678–4692, 2011.

SRITONGTAE, B.; MORGAN, M. R. A.; DUANGMAL, K. Drying kinetics, physico-chemical properties, antioxidant activity and phenolic composition of foam-mat dried germinated rice bean (*Vigna umbellata*) hydrolysate. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 7, p. 1710-1721, 2017.

TAHSIRI, Z.; NIAKOUSARI, M.; MESBAHI, G. R. Effect of different drying techniques on physicochemical, micro-structural and bioactive characteristics of barberry milk smoothie powder. **International Journal of Food Engineering**, v. 13, n. 3, 2017.

YAGCIOGLU, A.; DEGIRMENCIOGLU, A.; CAGATAY, F. **Drying characteristics of laurel leaves under different conditions**. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON AGRICULTURAL MECHANIZATION AND ENERGY, 7., 1999, Adana: Faculty of Agriculture, Cukurova University, 1999. p.565-569.

YASMEEN, M.; PRABHU, B. Anti-hyperglycemic and hypolipidemic activities of aqueous extract of *Carica papaya* Linn. leaves in alloxan-induced diabetic rats. **Journal of Ayurveda and Integrative Medicine**, v. 3, p. 70–74, 2012.

4 CAPÍTULO I: SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA E LIOFILIZAÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DE MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya* L.): EFEITOS NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

RESUMO

O mamão papaia (*Carica papaya* L.) se apresenta como fonte de vitamina C, cálcio, potássio, magnésio e carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina. Após a colheita do mamão, ocorrem perdas devido a sua rápida senescência. Conseqüentemente, o processamento pós-colheita é uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do mamão. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi realizar a secagem em leito de espuma e liofilização do extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.) e avaliar as propriedades físico-químicas dos produtos obtidos. Foi analisada a polpa (pH, ATT, Rácio e sólidos solúveis) e o extrato aquoso (sólidos solúveis, extrato seco, carotenoides, fenólicos e capacidade antioxidante). Foi preparado um extrato aquoso de mamão adicionado de dois agentes carreadores: Capsul® e maltodextrina, ambos na concentração de 30%. Foram produzidos pós utilizando as técnicas de leito em espuma e liofilização, e estes foram caracterizados com relação às características físico-químicas (A_w , umidade, higroscopicidade, carotenoides, solubilidade, capacidade antioxidante, compostos fenólicos). A polpa do mamão papaia da variedade Aliança mostrou-se apta a ser utilizada em processamento e para consumo *in natura* pelas características físico-químicas analisadas. O extrato aquoso analisado apresentou compostos fenólicos, e uma boa capacidade antioxidante avaliada por dois métodos. O modelo de Page foi o que melhor se adequou aos dados experimentais na cinética de secagem em leito de espuma. Levando-se em consideração os fatores estudados (agentes carreadores e temperaturas) na secagem em leito de espuma, pela desejabilidade recomendou-se a temperatura do ar de secagem de 60 °C e a utilização de maltodextrina como agente. No estudo do leito de espuma para diferentes temperaturas e agentes, Capsul® se apresentou melhor, sendo assim indicado como melhor agente utilizado na secagem por leito em espuma. Com relação ao estudo comparativo das técnicas de secagem (liofilização e leito em espuma) e agentes carreadores (maltodextrina e Capsul®), para a secagem do extrato aquoso de mamão papaia recomenda-se o uso do agente maltodextrina, por não apresentar diferença significativa quando comparado ao Capsul® para as respostas ABTS, higroscopicidade, solubilidade e carotenoides, apresentar maior DPPH e menor A_w , além disso possui um baixo custo quando comparado ao Capsul®. Para a técnica de secagem recomenda-se o uso da secagem por leito em espuma baseando na sua menor higroscopicidade, maior teor de carotenoides; menor custo e menor tempo de processo.

Palavras-chave: técnicas de secagem, mamão, propriedades físico-químicas.

4.1 Introdução

O mamão papaia (*Carica papaya* L.) é uma espécie originária da América central, caracterizando o mamão como um fruto tipicamente tropical. É uma fruta de grande destaque no cenário mundial, onde no Brasil, encontra condições favoráveis para exploração desta cultura, devido às condições edafoclimáticas (EMBRAPA, 2017).

A fruta também é conhecida por suas propriedades medicinais, podendo ser utilizada na prevenção de várias doenças como asma, úlceras, enfiema, diabetes, infecções e febre (NGUYEN et al., 2013). O mamão papaia também apresenta atividade antiinflamatória, auxilia na prevenção de doenças cardiovasculares, dengue, câncer, malária, hiperglicemia e hipoglicemia (GUPTA; WAMBEBE; PARSONS, 1990; NAYAK et al., 2007; OWOYELE et al., 2008; GOYAL et al., 2010; OTSUKI et al., 2010; IYER; SHARMA; PATIL., 2011; PEDRO et al., 2011; LEE et al., 2009; KOVENDAN et al., 2012; YASMEEN; PRABHU, 2012; NUNES et al., 2013). Ainda, apresenta relevância na indústria de alimentos, pois é fonte de papaína, enzima que atua no melhoramento de propriedades físico-químicas e sensoriais de produtos cárneos (ABDEL-NAEEM; MOHAMED, 2016), bem como na indústria de medicamentos em função da ação de debridamento químico da pele atribuída a mesma (PAYNE et al., 2008).

O Brasil é o segundo produtor mundial de mamão, com uma produção de 1.517.696 toneladas/ano, situando-se entre os principais países exportadores, principalmente para o mercado europeu. A espécie *Carica papaya* L. é a mais cultivada em todo mundo (EMBRAPA, 2017). O Espírito Santo é o maior exportador de mamão do Brasil. Entretanto, menos de 1,6% do mamão brasileiro é exportado devido ao mercado internacional ser altamente competitivo. O estado é o segundo maior produtor de mamão com cerca de 361.270 toneladas anuais, com uma área plantada de aproximadamente 7.000 ha, e uma produtividade em torno de 50 toneladas/hectare por ano (INCAPER, 2017).

A colheita do mamão papaia inicia-se normalmente de oito a nove meses após o plantio, colhendo-se semanalmente, dependendo do local e da época de plantio. Na região Norte do estado do Espírito Santo, devido ao efeito de temperatura sobre o crescimento e maturação do fruto, considera-se a ocorrência de

duas épocas distintas de colheita: de verão entre setembro e abril e de inverno entre maio e agosto (MARIN, 2004).

Após a colheita do mamão, ocorrem perdas consideráveis devido a sua rápida senescência, que provoca alta perecibilidade. Conseqüentemente, o processamento pós-colheita é uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do produto (BRAMLEY, 2000; KHONSARN; LAWAN, 2012).

Com isso, é desejável produzir um pó seco a partir do extrato desta fruta, uma vez que o pó é mais fácil de manusear e possui maior conservação do que um extrato, pois se torna menos susceptível a oxidação e degradação, principalmente com relação aos compostos bioativos, garantindo a disponibilidade do produto (TAN et al., 2014).

Neste sentido, o objetivo do presente trabalho foi realizar a secagem em leito de espuma e liofilização do extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.) e avaliar as propriedades físico-químicas dos produtos obtidos.

4.2 Objetivos

4.2.1 Objetivo geral

Avaliar a secagem em leito de espuma e liofilização do extrato aquoso de mamão papaia (*carica papaya* L.) e avaliar as propriedades físico-químicas dos produtos obtidos.

4.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a polpa do mamão papaia e obter o extrato aquoso de mamão;
- Caracterizar o extrato aquoso obtido da polpa de mamão papaia em relação às suas características físico-químicas, teor de carotenoides, compostos fenólicos e atividade antioxidante;
- Caracterizar os produtos produzidos via secagem em leito em espuma e liofilização com relação a teor de carotenoides, compostos fenólicos, compostos fenólicos, higroscopicidade, solubilidade, umidade e atividade de água;
- Avaliar o efeito da temperatura do ar de secagem sobre a cinética de secagem em leito de espuma utilizando maltodextrina e Capsul®;
- Ajustar modelos matemáticos para descrever a operação de secagem em leito de espuma;
- Estudar as condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leito de espuma;
- Determinar as melhores condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leito de espuma;
- Realizar a secagem por liofilização utilizando maltodextrina e Capsul®;
- Comparar os melhores tratamentos da secagem por leito em espuma com secagem por liofilização;

4.3 Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Departamento de Engenharia de Alimentos, Departamento de Nutrição e Farmácia e no Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

4.3.1 Matéria-prima

Os frutos de mamão da espécie *Carica papaya* da cultivar Aliança, no estágio 5 de maturação (frutos completamente amarelos), foram provenientes de uma área comercial localizada no município de Aracruz-ES, localizados a 19°33'42.7"S 40°06'36.4"W.

As amostras foram transportadas à temperatura ambiente para o laboratório de Química de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, onde foi realizada a retirada das polpas manualmente, que foram armazenadas sob congelamento (-20 °C) até a realização dos experimentos.

A maltodextrina foi adquirida da empresa Rhoster, Brasil. O amido modificado Capsul® foi doado pela empresa Ingredion Brasil Ingredientes Industriais Ltda. O Emustab® foi adquirido no comércio local da cidade de Alegre, ES.

4.3.1 Preparo das polpas

A retirada das polpas dos frutos foi realizada manualmente, sendo as polpas armazenadas sob congelamento (-20 °C) até a realização dos experimentos.

4.3.2 Preparo do extrato

A preparação do extrato de mamão papaia foi realizada com o auxílio de liquidificador, sendo adicionada água na proporção de 1:3 v/v (água/polpa). A camada fibrosa foi retirada através de uma filtração em peneiras. Os extratos foram acondicionados em frascos âmbar e submetido ao congelamento (-20 °C) até o momento da realização das análises referentes à sua caracterização e secagem.

4.3.3 Preparação dos pós

Foram testados dois agentes: Capsul® e maltodextrina. Foi utilizada uma

solução com concentração de 30% para cada um dos agentes previamente dissolvidos em água obtida em um agitador. Foi realizada uma mistura na proporção de 2:3 (v/v) extrato/solução carreadora. Para secagem em leito de espuma foi adicionado 3% do agente espumante Emustab® (Figura 2). As amostras foram moídas em moinho de facas (Solab Científica) após as secagens e armazenadas a -20°C em embalagens laminadas.

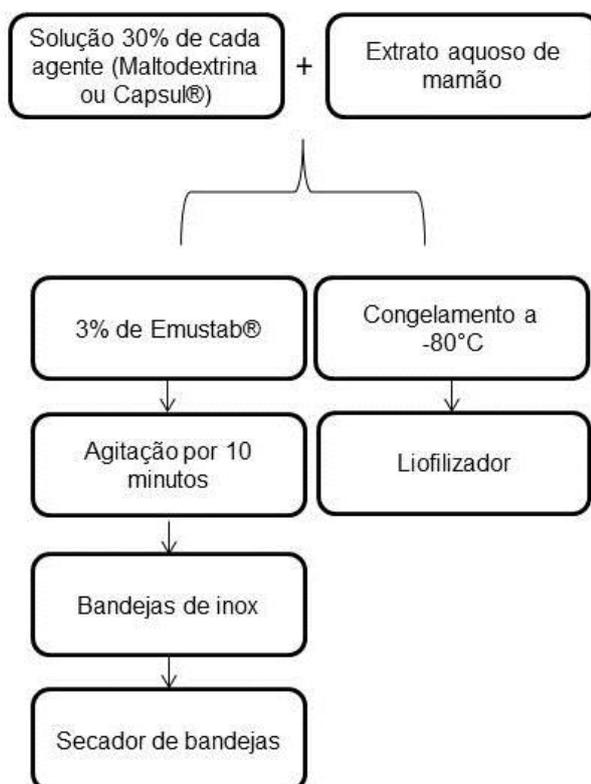


Figura 2- Fluxograma de preparação dos pós.

4.3.3.1 Secagem em leito de espuma

As misturas foram agitadas em uma batedeira (ARNO planetária modelo BPAI, 280 W, 50-60 Hz) por 10 minutos na velocidade 5, para a formação da espuma. As espumas foram espalhadas uniformemente em bandejas de inox com dimensões 50 x 40 cm e 1 cm de altura, sendo então colocadas em um secador de bandejas.

As temperaturas do ar de secagem selecionadas foram de 40, 50, 60, 70 e 80 °C. As massas das amostras foram registrada no intervalo de 15 minutos durante a primeira hora, 30 minutos durante a segunda e terceira hora, e 60 minutos até que a massa permanecesse constante.

4.3.3.2 Liofilização

As amostras foram congeladas a -80 °C, e em seguida foram liofilizadas em liofilizador (Liotop, modelo L101), em -50 °C a 30 µHg, por um período sete dias.

4.3.4 Caracterização da polpa, extrato aquoso e pós

Foi realizada a caracterização da polpa, extrato aquoso e pós de acordo com o esquema apresentado na Figura 3.

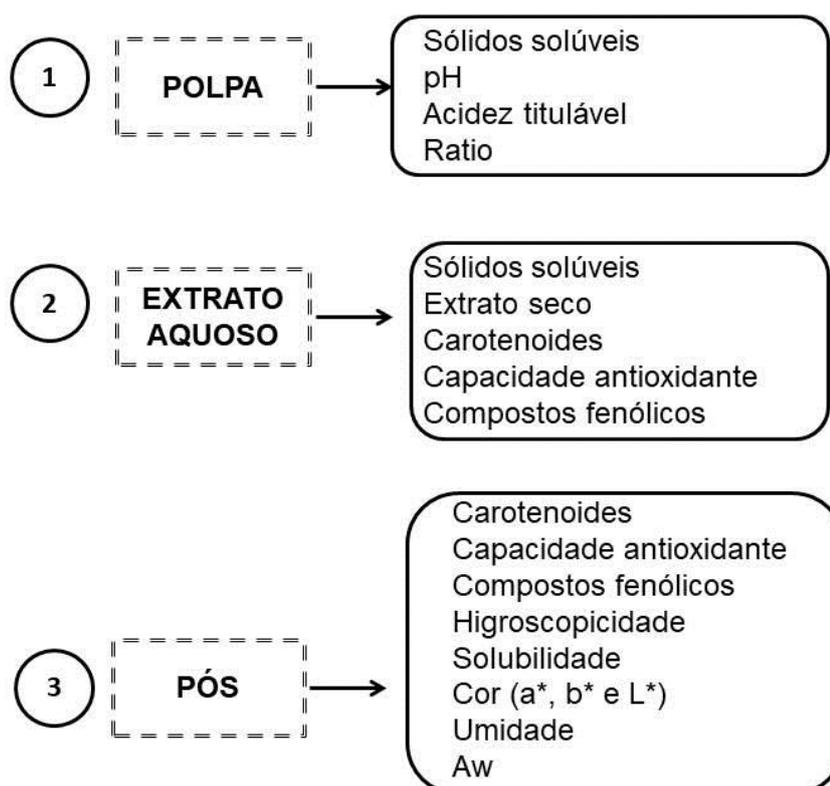


Figura 3- Esquema de condução das análises.

4.3.4.1 Teor de sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis foi realizado para a polpa e para o extrato, e foi obtido pela leitura em um refratômetro digital, marca Hanna HI 96801, com resultados expressos °Brix (IAL, 2008).

4.3.4.2 pH

A determinação do pH nas polpas foi feita por potenciometria mediante a inserção do eletrodo diretamente nas amostras, foi utilizado pHmetro da marca Tekna modelo T 1000 (IAL, 2008).

4.3.4.3 Acidez total titulável

A determinação da acidez total titulável (ATT) foi realizada para a partir de uma alíquota de 10 mL da polpa de mamão homogeneizada com 50mL de água destilada. A acidez total titulável foi determinada por titulação com NaOH 0,1 N, utilizando-se fenolftaleína como indicador. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico (IAL, 2008).

4.3.4.4 Ratio

O ratio foi determinado nas polpas pela relação °Brix/ATT (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

4.3.4.5 Extrato seco

Para a determinação do extrato seco total contido no extrato aquoso de mamão, foram colocados 5 mL das amostras em banho-maria, em água fervente, até que o resíduo fique com aparência seca. Em seguida as amostras foram secas em estufa (100 ± 5) °C por uma hora, e resfriadas em dessecador por mais 30 minutos, e em seguida, foram pesadas novamente. As operações de aquecimento e resfriamento foram repetidas até peso constante. Os resultados foram expressos em % de matéria seca (IAL, 2008).

4.3.4.6 Quantificação de carotenoides totais

Em uma amostra de 3 g foram adicionados 20 mL de acetona resfriada, sendo a amostra macerada por um período de 2 minutos, e este procedimento foi realizado três vezes. Posteriormente, foi realizada a filtração a vácuo com o auxílio de um Kitassato envolto em papel alumínio para evitar a foto-oxidação dos pigmentos. O resíduo da filtração foi lavado com acetona por mais três vezes objetivando a total extração dos pigmentos. A um funil de separação foram adicionados 25 mL de éter de petróleo. Os pigmentos foram então transferidos, em pequenas frações, seguidas de água destilada, para o funil de separação, descartando-se a fase inferior. As amostras foram lavadas por mais quatro vezes para remoção total da acetona.

Para a extração dos carotenoides do extrato aquoso de mamão, foi necessário fazer a saponificação após a transferência dos pigmentos da acetona para o éter de petróleo. Para tal, foi utilizada uma solução de saponificação (10% de KOH em metanol + 0,3 g de BHT) de volume igual ao do extrato. A mistura foi acondicionada no escuro durante 16 horas em temperatura ambiente. Em seguida foi lavada três vezes com água destilada para a retirada da solução de saponificação. Foi utilizado sulfato de sódio anidro para completa remoção da água no final do processo.

Para a quantificação dos carotenoides foi realizada leitura em espectrofotômetro (Bel Photonics, SP2000 UV) em comprimento de onda de 425 nm (RODRIGUEZ AMAYA, 2001). O teor de carotenoides totais foi obtido pela Equação 1, e os resultados foram expressos em μg de β -criptoxantina/ 100 g de extrato aquoso.

$$\text{carotenoides totais} = \left(\frac{A \times V \times 10^6}{A^{1\%} (\epsilon) \times m \times 100} \right) \times 100 \quad (1)$$

Onde:

A= absorvância;

V= volume final em mL;

$A^{1\%}$ = coeficiente de absorvância da β -criptoxantina em éter de petróleo (2386 cm^{-1})

m= massa final da amostra em gramas.

4.3.4.7 Cor

Os pós foram caracterizados pela leitura direta de reflectância do sistema das coordenadas retangulares “L*” (luminosidade), “a*” (intensidade de vermelho e verde) e “b*” (intensidade de amarelo e azul), empregando-se a escala de cor CIELAB, utilizando-se um colorímetro (Konica Minolta, Modelo CM-5, Japão).

4.3.4.8 Conteúdo Fenólico Total

Os extratos para determinação de compostos fenólicos foram obtidos conforme descrito por Bloor (2001). Brevemente, foi pesada 1 g de amostra, homogeneizados com 10 mL de metanol 60%, e submetido à agitação por 15 minutos, em temperatura ambiente. A amostra foi centrifugada a 1000 g por 5 minutos. O conteúdo fenólico do extrato foi determinado pelo ensaio espectrofotométrico com o reagente Folin Ciocalteu, baseado na redução dos ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico em meio alcalino na presença de fenólicos, gerando complexo de cor azul (SINGLETON; ROSSI, 1965). O ácido gálico foi utilizado como padrão e o teor total de fenólicos foi expresso como mg de ácido gálico equivalente por 100 g de extrato ($\text{mg AGE} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$).

4.3.4.9 Atividade Antioxidante

4.3.4.9.1 Método de captura do cátion radical ABTS[•]

Os extratos para determinação da atividade antioxidante foram obtidos conforme descrito por Bloor (2001). Para a formação do radical ABTS[•] (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid), uma solução aquosa de ABTS[•] 7 mM foi adicionada à solução de persulfato de potássio 2,45 Mm. A 3,5 mL da solução radical ABTS foram adicionados 0,5 mL do extrato, e realizada a leitura espectrofotométrica após 6 minutos de reação. Foi utilizado o Trolox como o antioxidante de referência e os resultados foram expressos em equivalente de Trolox ($\mu\text{M Trolox} \cdot \text{g}^{-1}$) (RE et al., 1999).

4.3.4.9.2 Método de captura do radical livre DPPH

Os extratos foram obtidos a partir de 1 g de amostra previamente homogeneizada com etanol 80% por um período de 15 minutos em agitação (180 rpm) no escuro. A amostra foi centrifugada a 1000 g por 5 minutos, e recolheu-se o sobrenadante. A atividade antioxidante pelo método de captura do radical livre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) foi conduzida de acordo com Brand-Williams et al. (1995), com modificações. Após o preparo do radical, 0,0039 g em 100 mL de etanol 80%, foi pipetada uma alíquota de 1 mL e colocada para reagir em tubos de ensaio, aos quais foram adicionados 0,1 mL do extrato. As amostras foram mantidas ao abrigo da luz por 40 minutos, e as medidas de absorbância foram realizadas em espectrofotômetro (Bel Photonics, SP2000 UV) a 517 nm. Foram coletados os valores da absorbância inicial (controle) e final. Os resultados foram expressos em porcentagem de sequestro de radicais livres (% SRL) (Equação 2).

$$\%SRL = \left(\frac{A_c - A_a}{A_c} \right) \times 100 \quad (2)$$

Onde:

A_c =absorbância da amostra controle (DPPH sem a presença de amostra);

A_a =absorbância da amostra com antioxidante.

4.3.4.10 Atividade de água (A_w)

Foi determinada em um Analisador de Atividade de Água (LabMaster, Novasina) utilizando-se cubetas plásticas apropriadas.

4.3.4.11 Umidade

A umidade foi realizada de acordo com o Instituto Adolf Lutz (2008). Amostras (2 g) foram secas a temperatura de 105°C. A umidade foi expressa em percentual (%).

4.3.4.12 Teste de solubilidade

A solubilidade das amostras foi determinada segundo a metodologia descrita por Cano-Chauca et al. (2005). Amostras de 50 mg de pó foram diluídas em 50 mL de água destilada em um béquer (250 mL) sob agitação a 2500 rpm por 5 minutos. As soluções foram centrifugadas a 2500 g por 5 minutos (Faneml®, modelo 206-BL).

Alíquotas de 25 mL do sobrenadante foram transferidas para placas de alumínio, previamente submetidas em estufa a 105°C por 2 horas.

4.3.4.13 Higroscopicidade

A higroscopicidade das amostras foi determinada com base em Cai; Corke (2000) e Tonon; Brabet; Rubinger (2008). Para esta análise aproximadamente 2,0 g das amostras secas, utilizadas na determinação de umidade foram mantidas em dessecador por uma semana contendo soluções saturadas de NaCl (75% de umidade relativa, $A_w=0,75\%$). A higroscopicidade foi expressa como gramas de umidade absorvida por 100 g de sólidos secos.

4.3.5 Delineamento experimental e análises estatísticas

4.3.5.1 Caracterização da polpa e do extrato aquoso

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três repetições e em duplicata. Foi utilizada a estatística descritiva, sendo os dados expressos como média e desvio-padrão. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa Microsoft Office Excel®.

4.3.5.2 Estudo das condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leite de espuma

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) conduzido em esquema fatorial com dois fatores e três repetições, totalizando 30 observações. Os fatores e os níveis correspondentes foram: agente carreador (Capsul® e maltodextrina); e temperatura do ar de secagem (40, 50, 60, 70 e 80°C), como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3- Fatores e níveis estudados na secagem em leite de espuma

| Fatores | Níveis | | | | |
|--|---------------|----|----|---------|----|
| Agente carreador | Maltodextrina | | | Capsul® | |
| Temperatura do ar de secagem (°C) | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |

Para a análise dos dados foi aplicada a análise variância (ANOVA) e a análise de regressão. Para o ajuste do modelo foi considerado o coeficiente de determinação (R^2), teste t para os parâmetros e foi avaliada a falta de ajuste do modelo. Para a análise estatística foi utilizado o software Genes ao nível de 5% de probabilidade.

4.3.5.2.1 Otimização simultânea das variáveis

A função desejabilidade é uma técnica útil para a determinação dos níveis dos fatores que propiciam a otimização simultânea das variáveis resposta do estudo, as transformando em uma única medida (DERRINGER; SUICH, 1980; ISLAM; SAKKAS; ALBANIS, 2009).

Foi realizada análise de desejabilidade para otimização simultânea das variáveis resposta utilizando o software Statistica® 11.0. Para a aplicação da função, foram utilizadas as variáveis ABTS, DPPH, compostos fenólicos, A_w , higroscopicidade, solubilidade e carotenoides.

A sete variáveis resposta apresentam regiões ótimas distintas. As condições ótimas devem maximizar os parâmetros ABTS, DPPH, compostos fenólicos, solubilidade e carotenoides e minimizar a A_w e higroscopicidade. Uma vez que as regiões ótimas para essas sete variáveis são distintas, para otimizar o processo foi utilizada a técnica de otimização simultânea por meio da função desejabilidade. Cada variável resposta, y_i , foi convertida em uma função desejabilidade individual, d_i , dentro de um intervalo $0 \leq d_i \leq 1$ usando as Equação (5 e 6) para as variáveis que devem ser maximizadas ou minimizadas.

Se o objetivo for maximizar as respostas temos:

$$\begin{cases} 0, & \text{se } \hat{y}_i \leq L_i \\ \left(\frac{\hat{y}_i - L_i}{T_i - L_i}\right)^{r_i}, & \text{se } L_i < \hat{y}_i < T_i \\ 1, & \text{se } \hat{y}_i \geq T_i \end{cases} \quad (5)$$

Se o objetivo for minimizar as respostas temos:

$$d_i = \begin{cases} 1, & \text{se } \hat{y}_i \leq T_i \\ \left(\frac{U_i - \hat{y}_i}{U_i - T_i}\right)^{r_i}, & \text{se } T_i < \hat{y}_i < U_i \\ 0, & \text{se } \hat{y}_i > U_i \end{cases} \quad (6)$$

Onde:

T = valores alvo

L = valores mínimos para as respostas que serão maximizadas

U = valores máximos para as respostas que serão minimizadas

As desejabilidades individuais foram combinadas usando a média geométrica que fornece a desejabilidade global, D :

$$D = \left(\prod_{i=1}^k\right)^{1/N} \quad (7)$$

Onde:

N = número de variáveis resposta que se deseja otimizar.

4.3.5.3 Estudo das condições de secagem em leito de espuma versus liofilização

Após a realização da análise estatística de desejabilidade para a otimização das condições de secagem em leito de espuma, foi realizada a análise estatística dos melhores tratamentos do leito em espuma juntamente com os tratamentos da liofilização.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) conduzido por um esquema fatorial com dois fatores e três repetições, totalizando 12 observações. Os fatores e os níveis correspondentes foram: agente carreador (Capsul® e maltodextrina); e técnica de secagem (liofilização e leito em espuma- condição ótima obtida na desejabilidade). Para a análise dos dados foi aplicada a análise variância. Para a análise estatística foi utilizado o software Statistica®11.0 ao nível de 5% de probabilidade.

4.4 Resultados e discussão

4.4.1 Caracterização da polpa e do extrato aquoso de mamão papaia

Os resultados médios obtidos nas análises físico-químicas da polpa de mamão da variedade Aliança estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4- Caracterização da polpa de mamão *in natura*

| Parâmetros | Média ± Desvio Padrão |
|--------------------------|-----------------------|
| pH | 5,27± 0,05 |
| Ácidoz titulável (%) | 0,17 ± 0,01 |
| Ratio | 97,81 ± 8,42 |
| Sólidos solúveis (°Brix) | 15,23 ± 0,29 |

(%) Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100g)

No presente estudo, o pH encontrado foi de 5,27± 0,05, valores semelhantes ao encontrado por Udomkun et al. (2016) que ao analisarem frutos da cultivar *Carica papaya* L. encontraram o valor de 5,3 ± 0,2 e Kandasamy et al. (2014) que encontraram pH médio de 5,2. O valor de pH encontrado está de acordo com Dantas; Junghans; Lima (2013) que afirmam que o fruto deve apresentar de uma forma geral, pH de 5 a 5,7.

Nas células os ácidos se associam com sais de potássio formando a sistemas tampões, o que tem um importante papel na regulação da atividade enzimática (CHITARRA; CHITARRA, 2005). A acidez de frutas é atribuída aos ácidos orgânicos que se encontram nos vacúolos das células, na forma livre ou combinada com alguns sais, ésteres e glicosídeos. A acidez titulável de frutas é expressa no ácido orgânico predominante, e no mamão o ácido predominante é o ácido cítrico (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para a acidez titulável foi encontrado o valor de 0,17 ± 0,01 g de ácido cítrico por 100 g de fruto. Resultados semelhantes foram encontrados por Umdokun et al. (2015) que encontraram o valor de 0,15 ± 0,02 g de ácido cítrico/100 g. A acidez pode ser utilizada em conjunto com a doçura, e como referencia do grau de maturação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O teor de sólidos solúveis encontrado na polpa de mamão foi de 15,23 ± 0,29° Brix. Umdokun et al. (2015) ao analisarem frutos da cultivar *Carica papaya* L.

obtiveram $9,8 \pm 0,4$ °Brix e Kandasamy et al. (2014) encontraram 13° Brix. O teor de sólidos solúveis é utilizado como uma medida do teor de açúcares, indicando a quantidade em gramas dos sólidos que se encontram dissolvidos na polpa de mamão. O teor de sólidos solúveis varia de acordo com a espécie, cultivar, o estágio de maturação e o clima, apresentando valores médios de 8 a 14%, tendo uma faixa de variação entre 2 e 25 (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

O ratio foi obtido através da relação dos resultados dos teores de sólidos solúveis totais (°Brix) e acidez titulável (% de ácido cítrico), e essa relação indica o grau de maturação do fruto (IAL, 2008), pela proporção de açúcares e ácidos existentes nos frutos. O ratio encontrado para as amostras de mamão foi de $97,81 \pm 8,42$, Júnior Francisco et al. (2007) encontraram valores em torno de 125,90. Geralmente, frutos com maior ratio apresentam doçura mais pronunciada e maior aceitação pelos consumidores. É desejável que os frutos de mamoeiro apresentem baixos valores de acidez e elevados teores de sólidos solúveis para apresentar maior doçura (REIS et al, 2015). Porém não existe uma faixa de ratio estabelecida para o mamão.

Com relação à caracterização da polpa foi observado que os valores encontrados atenderam aos requisitos constantes no Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais para Polpa de Fruta que prevê valores mínimos de acidez (0,17 g/100g de ácido cítrico), sólidos solúveis (10,0 °Brix) e pH (4) (BRASIL, 2000).

Na Tabela 5 encontram-se os resultados médios obtidos nas análises físico-químicas do extrato aquoso de mamão.

Tabela 5- Caracterização do extrato aquoso de mamão

| Componente | Média ± Desvio Padrão |
|---|------------------------------|
| Sólidos solúveis (°Brix) | 10,46 ± 0,15 |
| Extrato seco (%) | 9,89 ± 0,25 |
| Carotenoides totais (µg/100g) | 1458,4 ± 365,54 |
| Fenólicos totais (mg EAG/100g) | 44,28 ± 0,83 |
| Atividade antioxidante - ABTS (µM Trolox/g) | 10,12 ± 2,83 |
| Atividade antioxidante - DPPH (%SRL) | 43,59 ± 4,70 |

EAG: equivalente em ácido gálico, SRL: Sequestro de radicais livres.

O teor de sólidos solúveis apresentado nos extratos aquosos de mamão papaia foi de 10,46 ± 0,15 °Brix e o extrato seco foi de 9,89 ± 0,25 %. O conteúdo fenólico encontrado foi de 44,28 ± 0,83 mg EAG/100g. Sousa et al. (2007) e Sartori, Costa e Ribeiro (2014) relataram um teor de 53,2 mg e 43,51 EAG/100 g, respectivamente, de compostos fenólicos no mamão. Com isso, o extrato aquoso de mamão apresentou um elevado teor de compostos fenólicos, visto que o extrato aquoso é oriundo da polpa de mamão diluída em água. Esta variação pode ser explicada pela diferença entre as cultivares, clima, estágio de maturação.

Com relação a carotenoides, a amostra apresentou uma concentração de 1458,4 ± 365,54 µg de β-criptoxantina/ 100 g de amostra. Os carotenoides pró-vitamina A, além de contribuírem com a cor dos frutos, possuem importante papel na manutenção da saúde humana, prevenindo doenças e combatendo radicais livres. Os carotenoides no mamão dependem da variedade e do local de cultivo, e os mais encontrados são β-caroteno, α-caroteno, β-criptoxantina e licopeno. A β-criptoxantina é o principal pigmento de frutas alaranjadas como mamão, laranja e pêsego, apresentando atividade pró-vitamínica A (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

A capacidade antioxidante das amostras foi determinada utilizando duas técnicas. No método utilizando o cátion radical ABTS a capacidade antioxidante foi de 10,12 ± 2,83 µM Trolox/g, e utilizando o radical DPPH a porcentagem de sequestro foi de 43,59 ± 4,70. Dentre os principais compostos com esta atividade no mamão têm-se os compostos fenólicos e o ácido ascórbico (GARDNER, 2000; REIS, 2015).

4.4.2 Avaliação do efeito da temperatura do ar sobre a cinética de secagem em leite de espuma utilizando maltodextrina e Capsul®

Os modelos matemáticos de Page, Lewis e de Henderson e Pabis foram ajustados após os cálculos para determinação das razões de umidade, ao longo do tempo de secagem, e para os ajustes foi utilizado o programa SigmaPlot® 11.0.

Estão apresentados na Tabela 6 os ajustes dos modelos por meio de regressão não linear dos dados experimentais da secagem do extrato aquoso de mamão em leite de espuma nas diferentes temperaturas do ar de secagem. O melhor modelo para a secagem apresenta valor do coeficiente de determinação ajustado (R^2) e valor do erro padrão da regressão (S) o mais próximo de um e zero, respectivamente.

Tabela 6- Parâmetros estimados, coeficiente de determinação ajustado (R), erro padrão da regressão (S), expoente do modelo (n) e constante dos modelos (a), para os modelos de Page, Lewis e de Henderson e Pabis (H&P), em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando maltodextrina como agente carreador

| Temperatura | Modelos | <i>K</i> | <i>a</i> ou <i>n</i> | R^2_{adj} | <i>S</i> |
|-------------|---------|----------|----------------------|-------------|----------|
| 40 °C | Lewis | 0,2549 | - | 0,9916 | 0,0314 |
| | Page | 0,2374 | 1,0506 | 0,9918 | 0,0310 |
| | H&P | 0,2519 | 0,9910 | 0,9912 | 0,0321 |
| 50 °C | Lewis | 0,5273 | - | 0,9844 | 0,0448 |
| | Page | 0,4561 | 1,2344 | 0,9951 | 0,0251 |
| | H&P | 0,5540 | 1,0411 | 0,9857 | 0,0428 |
| 60 °C | Lewis | 0,8144 | - | 0,9844 | 0,0454 |
| | Page | 0,7696 | 1,2760 | 0,9985 | 0,0140 |
| | H&P | 0,8606 | 1,0497 | 0,9864 | 0,0424 |
| 70 °C | Lewis | 0,9388 | - | 0,9682 | 0,0655 |
| | Page | 0,9063 | 1,3319 | 0,9849 | 0,0450 |
| | H&P | 0,9773 | 1,0378 | 0,9661 | 0,0676 |
| 80 °C | Lewis | 1,0309 | - | 0,9849 | 0,0444 |
| | Page | 1,0260 | 1,2221 | 0,9937 | 0,0288 |
| | H&P | 1,0653 | 1,0306 | 0,9843 | 0,0453 |

O modelo de Page foi o que apresentou o maior valor do coeficiente de determinação ajustado e o menor erro padrão da regressão para todas as temperaturas do ar de secagem avaliadas. Com isso, o modelo de Page é o que melhor descreve as curvas de secagem em leite de espuma para as cinco temperaturas testadas, utilizando maltodextrina como agente carreador. A Figura 4

apresenta as curvas de secagem do extrato aquoso de mamão utilizando maltodextrina.

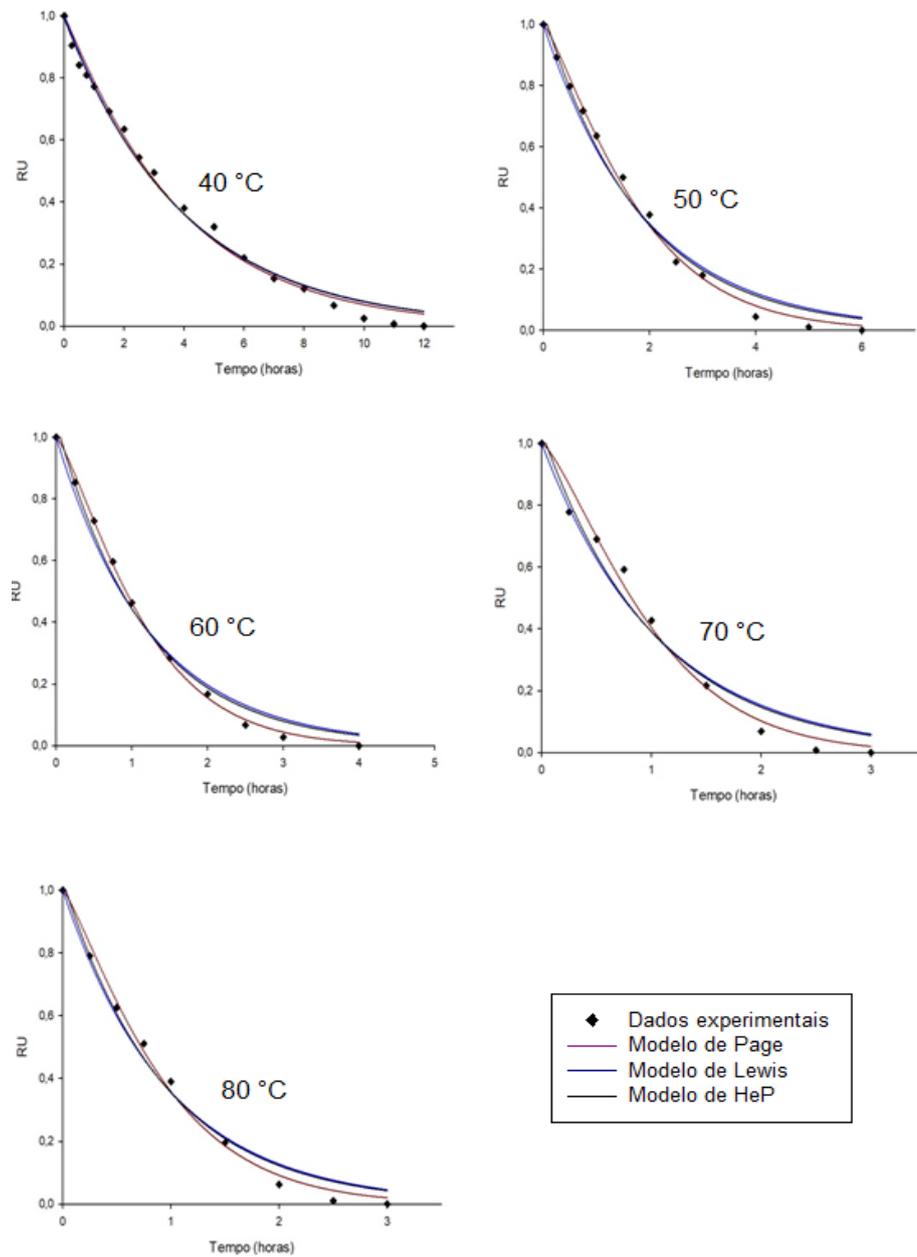


Figura 4- Curvas de secagem em leito de espuma em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando maltodextrina como agente carreador.

Ao fim das secagens em leito de espuma utilizando maltodextrina como agente carreador, foi observado que o tempo de secagem foi dependente da temperatura para 40, 50 e 60°C, ou seja, o tempo de secagem diminuiu com o aumento da temperatura. Para a temperatura de 70 e 80°C foi observado que o tempo de secagem foi o mesmo, totalizando 3 horas.

Para todas as temperaturas a razão de umidade reduziu rapidamente no início à medida que o tempo de secagem aumentava, e em seguida diminuiu lentamente com o decorrer da secagem (PARK; YADO; BROD, 2001).

Na Figura 5 são apresentadas as curvas de secagem em leito de espuma do extrato aquoso de mamão utilizando maltodextrina como agente carreador para as cinco temperaturas testadas utilizando o modelo de Page.

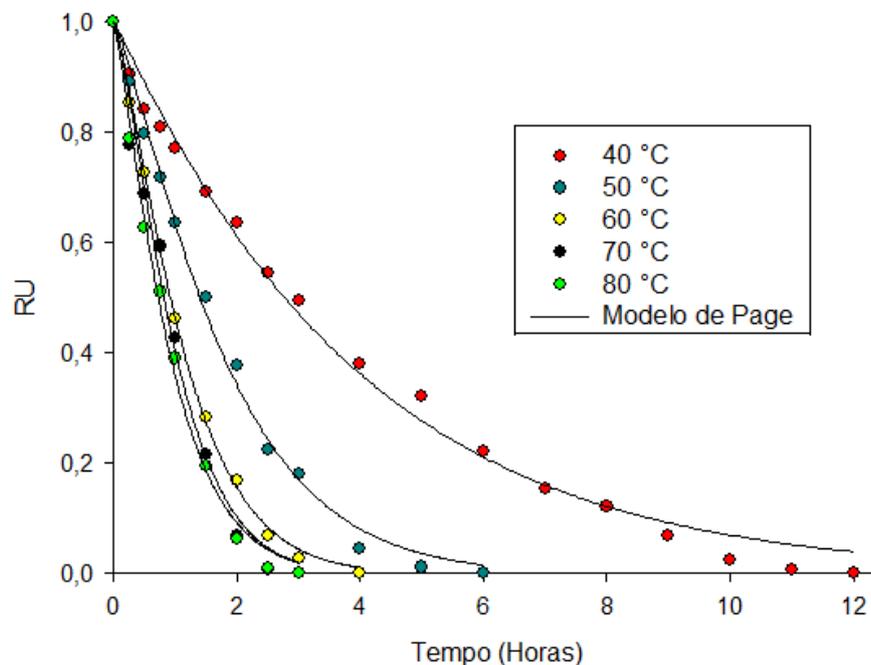


Figura 5- Curvas de secagem em leito de espuma do extrato aquoso de mamão utilizando maltodextrina em diferentes temperaturas de secagem.

Para o Capsul® modelo de Page (Tabela 7) foi o que apresentou o maior valor do coeficiente de determinação ajustado e o menor erro padrão da regressão para todas as temperaturas do ar de secagem avaliadas. Com isso, o modelo de Page é o que melhor descreve as curvas de secagem de extrato aquoso de mamão em leito de espuma para as cinco temperaturas testadas, utilizando Capsul® como agente carreador.

Tabela 7- Parâmetros estimados, coeficiente de determinação ajustado (R) e erro padrão da regressão (S), expoente do modelo (n) e constante dos modelos (a) para os modelos de Page, Lewis e de Henderson e Pabis (H&P), em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando Capsul® como agente carreador

| Temperatura | Modelos | <i>K</i> | <i>a</i> ou <i>n</i> | R^2_{adj} | <i>S</i> |
|-------------|---------|----------|----------------------|-------------|----------|
| 40 °C | Lewis | 0,2029 | - | 0,9900 | 0,0353 |
| | Page | 0,1709 | 1,1028 | 0,9922 | 0,0311 |
| | H&P | 0,2056 | 1,0105 | 0,9897 | 0,0359 |
| 50 °C | Lewis | 0,3338 | - | 0,9851 | 0,0404 |
| | Page | 0,2842 | 1,1582 | 0,9909 | 0,0316 |
| | H&P | 0,3425 | 1,0190 | 0,9846 | 0,0411 |
| 60 °C | Lewis | 0,6066 | - | 0,9843 | 0,0440 |
| | Page | 0,5476 | 1,2019 | 0,9930 | 0,0294 |
| | H&P | 0,6314 | 1,0339 | 0,9847 | 0,0435 |
| 70 °C | Lewis | 1,1735 | - | 0,9866 | 0,0420 |
| | Page | 1,2105 | 1,2473 | 0,9973 | 0,0188 |
| | H&P | 1,2166 | 1,0341 | 0,9864 | 0,0422 |
| 80 °C | Lewis | 1,2340 | - | 0,9856 | 0,0433 |
| | Page | 1,2706 | 1,2042 | 0,9923 | 0,0317 |
| | H&P | 1,2641 | 1,0229 | 0,9842 | 0,0454 |

A Figura 6 apresenta as curvas de secagem do extrato aquoso de mamão utilizando Capsul®.

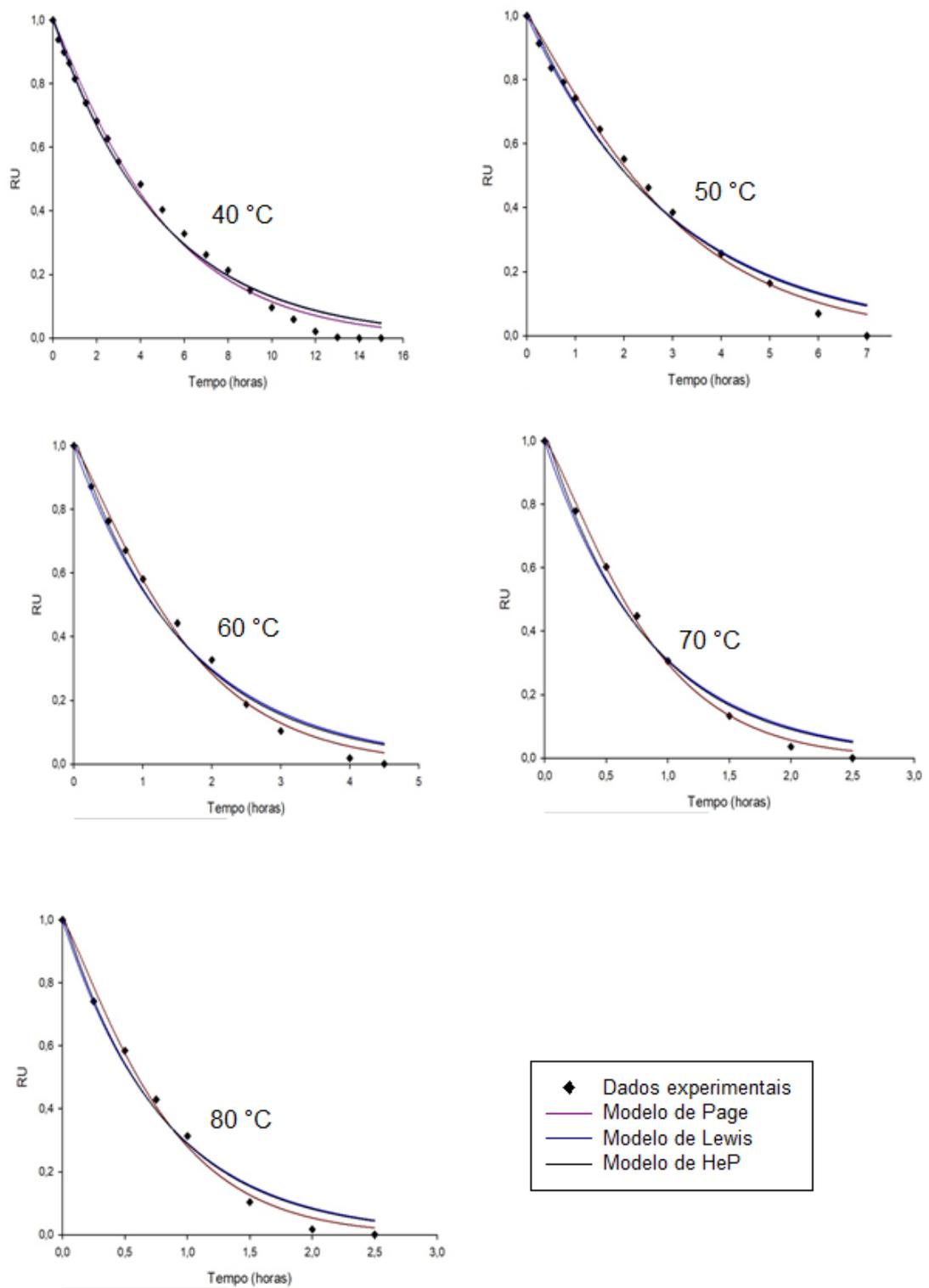


Figura 6- Curvas de secagem em leito de espuma em diferentes temperaturas do ar de secagem utilizando Capsul® como agente carreador.

Ao fim das secagens em leito de espuma utilizando Capsul® como agente carreador, foi observado que o tempo de secagem foi dependente da temperatura. Para 40, 50 e 60°C, o tempo de secagem diminuiu com o aumento da temperatura. Para a temperatura de 70 e 80°C foi observado que o tempo de secagem foi o mesmo, totalizando 2,5 horas. Para todas as temperaturas a razão de umidade reduziu rapidamente no início à medida que o tempo de secagem aumentava, e em seguida diminuiu lentamente com o decorrer da secagem. O primeiro período representa o início da secagem, onde ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor da água, onde a razão de umidade cai drasticamente, devido o maior teor de água livre no alimento no inicio da secagem.

Na Figura 7 são apresentadas as curvas de secagem em leito de espuma do extrato aquoso de mamão utilizando Capsul® como agente carreador para as cinco temperaturas testadas utilizando o modelo de Page.

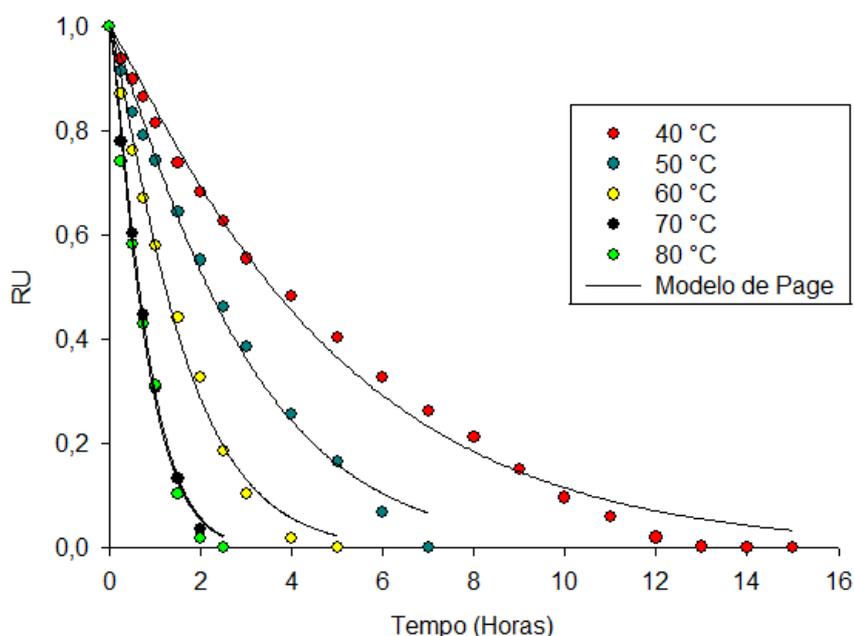


Figura 7- Curvas de secagem em leito de espuma do extrato aquoso de mamão utilizando Capsul® em diferentes temperaturas de secagem.

Araújo et al. (2017) ao avaliar a secagem de polpa de acerola em leito de espuma testaram os modelos de Page, Lewis e Henderson e Pabis. Foi observado que o modelo de Page apresentou o maior valor de coeficiente de determinação ajustado (>0,99) e o menor valor do erro padrão da regressão, em todas as

temperaturas testadas. O modelo generalizado proposto apresentou coeficiente de determinação de 0,9933.

Guimarães; Figueirêdo; Queiroz (2017) avaliaram a cinética de secagem em leite de espuma de manga cv. Keitt, e ajustaram os modelos matemáticos de Page, Henderson, Henderson e Pabis, Logarítmico e Exponencial de dois termos. De acordo com os modelos testados, foi observado que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das curvas de secagem. De forma análoga, Khanlari et al. (2014) ao avaliarem a cinética de secagem de polpa de tomate, testaram 6 modelos diferentes e concluíram que o modelo que melhor se ajustou aos dados da secagem foi o modelo de Page, pois apresentou o maior R^2 ajustado para a secagem de polpa de tomate em diversas condições.

Deste modo, o presente estudo apresenta resultado semelhante a estudos recentes que ao realizar o ajuste de modelos matemáticos para secagem em leite de espuma, concluíram que o modelo de Page apresentou o melhor ajuste dos dados.

4.4.3 Estudo das condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leite de espuma

4.4.3.1 Interação não significativa

Com a realização da ANOVA ao nível de 5% de probabilidade, pode-se concluir que os fatores temperatura e agente carreador atuam de forma independente em relação às variáveis ABTS, coordenadas de cor a^* e b^* , higroscopicidade e carotenoides. Com isso, foram estudados os fatores agente carreador e temperatura isoladamente. O efeito do agente carreador está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8- Efeito do agente carreador sobre as variáveis resposta

| Agente carreador | Respostas | | | | |
|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
| | ABTS | a* | b* | Higroscopicidade | Carotenoides |
| Maltodextrina | 5,58 ^b | 11,11 ^a | 19,65 ^b | 21,34 ^a | 1502,58 ^a |
| Capsul® | 8,42 ^a | 9,43 ^a | 22,53 ^a | 21,65 ^a | 1444,00 ^a |

Médias seguidas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste F. ABTS: μM Trolox/g, Higroscopicidade: g H₂O abs/100 g massa seca, Carotenoides: μg β -Criptoxantina/100 g de amostra.

Para ABTS o agente carreador Capsul® foi o mais recomendado, com maior média indicando maior atividade antioxidante. Para a coordenada de cor b* o Capsul® foi o agente recomendado, o que já era esperado, visto ao analisar os agentes puros o Capsul® apresenta um b* de 10,28, enquanto a maltodextrina apresenta 3,41, ou seja, o Capsul® já tinha uma tendência de coloração amarela.

Para higroscopicidade e carotenoides os dois agentes utilizados não apresentaram diferença entre si, e para a coordenada a* a maltodextrina indicou maior tendência à coloração vermelha, o que pode ser desejável, visto que objetiva-se a manutenção da coloração original alaranjada do extrato aquoso de mamão.

A utilização de maltodextrina como agente de secagem tem sido amplamente utilizada, e em sua maioria os autores obtiveram resultados positivos (IBRAHIM SILVA et al, 2012; BAKOWSKA-BARCZAK; KOLODZIEJCZYK, 2011). Rocha, Trindade e Grosso (2012) obtiveram resultados satisfatórios ao utilizarem Capsul® na secagem por spray dryer de licopeno, visto que o agente reteve o pigmento de forma satisfatória. Fernandes; Borges; Botrel (2014) ao secarem óleo essencial concluíram que uma mistura de amido modificado Capsul® e a maltodextrina além de apresentar retenção de compostos voláteis possuem a vantagem do custo benefício. Não foram encontrados na literatura estudos de secagem de leite em espuma utilizando o Capsul® como agente.

Para se estudar o efeito da temperatura (Tabela 9), foi realizada análise de variância (ANOVA) para as variáveis ABTS, b*, a*, higroscopicidade e carotenoides, em seguida foi realizada análise de regressão, onde foram testados modelos polinomiais de grau 1, 2 e 3, ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 9- Efeito temperatura nas variáveis resposta

| Respostas | Temperaturas (°C) | | | | |
|------------------|-------------------|---------|---------|---------|--------|
| | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
| ABTS | 5,46 | 6,77 | 8,17 | 6,75 | 7,85 |
| b* | 15,79 | 19,27 | 26,42 | 22,00 | 21,995 |
| a* | 5,56 | 9,30 | 10,75 | 10,76 | 10,97 |
| Carotenoides | 1828,02 | 1173,75 | 2217,57 | 1151,96 | 995,69 |
| Higroscopicidade | 16,55 | 16,77 | 26,00 | 23,69 | 24,49 |

ABTS: μM Trolox/g, Higroscopicidade: g H₂O abs/100 g massa seca, Carotenoides: μg β -Criptoxantina/100 g de amostra.

Para ABTS e para a coordenada de cor a* foi observado que não existe diferença significativa entre as temperaturas testadas (40, 50, 60, 70 e 80 °C). Para a coordenada de cor b*, higroscopicidade e carotenoides observou-se que houve diferença significativa entre as temperaturas testadas. No entanto, ao se testar modelos polinomiais de grau 1, 2 e 3, nenhum foi significativo a 5% de probabilidade.

Com relação à cor, Sentanin e Rodriguez-Amaya (2007) afirmam que no mamão papaia o licopeno é responsável pela coloração vermelha, sendo o pigmento majoritário, representando 65% do total de pigmentos, enquanto que β -criptoxantina e o β -caroteno são responsáveis pela cor amarela e estão presentes na proporção de 30 e 4%, respectivamente.

O mamão possui carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina, neste estudo optou-se por expressar o conteúdo de carotenoides em β -Criptoxantina, visto que este carotenoide é um dos principais provitamínicos A do mamão (KHONSARN; LAWAN, 2012; OLIVEIRA et al, 2011). O mesmo efeito nos carotenoides foi observado por Kadam et al (2010) que ao secar manga pela técnica de leito em espuma nas temperaturas de 65, 75 e 85°C obteve diferença no conteúdo de carotenoides nas temperaturas testadas.

Ao se avaliar a higroscopicidade, resultados semelhantes (Tabela 9) foram encontrados por Ng Ling; Sulaiman (2018) que ao secarem beterraba por leito em espuma observaram higroscopicidade de 21,1 a 25 g H₂Oabs/100 g massa seca, considerando o pó muito higroscópico. Segundo Ross, Karel e Kokini (1996) a

higroscopicidade está relacionada com estruturas amorfas, onde as moléculas amorfas são mais abertas e porosas para a interação com o meio externo. Assim, alimentos muito higroscópicos se tornam pegajosos, o que leva à formação de grumos, devido sua fácil absorção de água.

4.4.3.2 Interação significativa

Os fatores temperatura e agente carreador não atuaram de forma independente em relação às variáveis L^* , compostos fenólicos, DPPH, A_w , solubilidade e umidade pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. A Figura 8 relaciona as variáveis resposta com os fatores estudados.

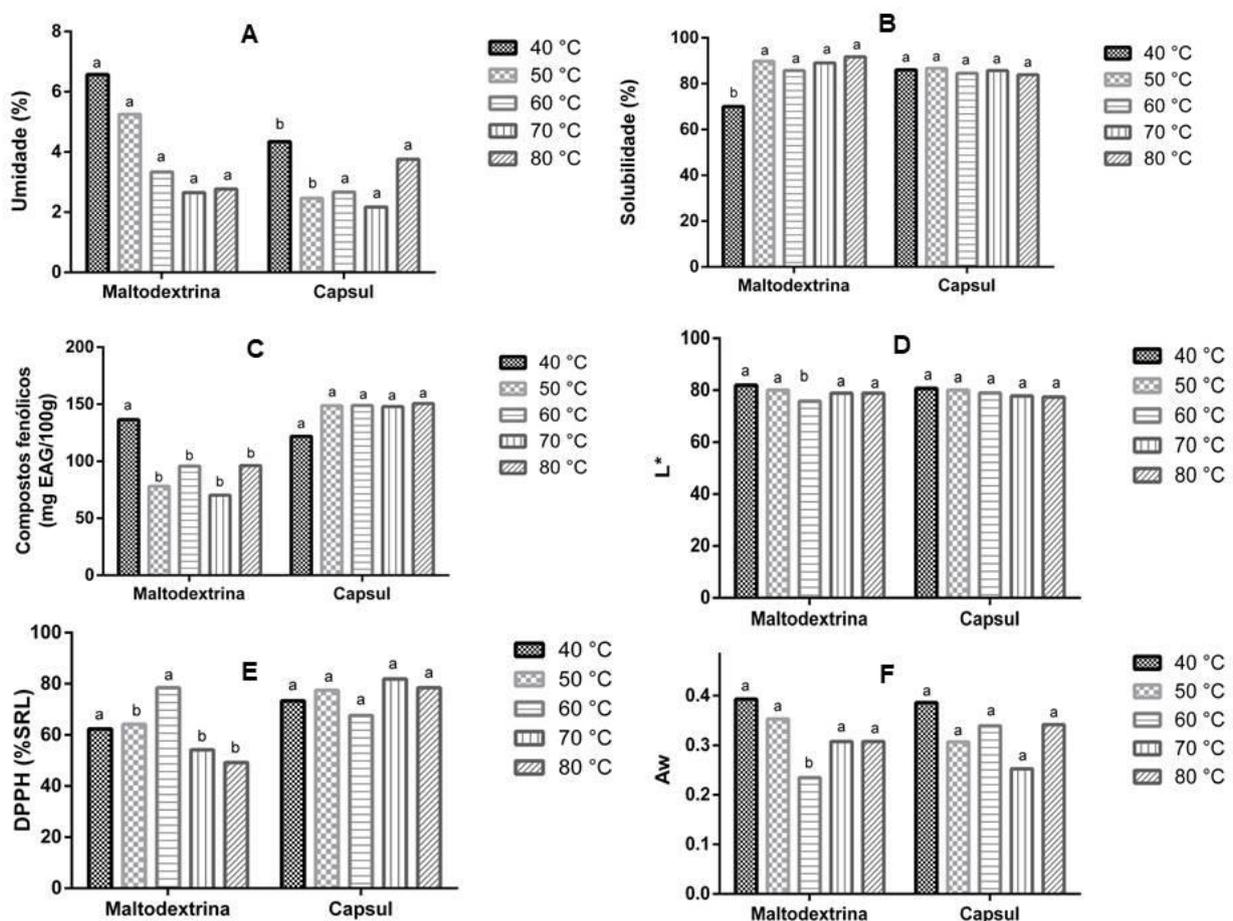


Figura 8- Relação entre os fatores e as variáveis resposta. Umidade (A). Solubilidade (B). Compostos fenólicos (C). L^* (D). DPPH (E). Atividade de água (F).

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma temperatura para os diferentes agentes, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste F.

Para umidade foi observado que nas temperaturas de 40 e 50 °C as secagens utilizando Capsul® apresentaram umidade menor que a maltodextrina, para as demais temperaturas não houve diferença significativa. Para solubilidade houve diferença entre os agentes carreadores apenas na temperatura de 40 °C, sendo o Capsul® o mais recomendado por apresentar maiores valores. Com relação aos compostos fenólicos foi observado que a maltodextrina se mostrou superior ao Capsul® apenas na temperatura de 40°C. Para a coordenada de cor L*, apenas na temperatura de 60°C houve diferença entre os agentes carreadores. Para a capacidade antioxidante pelo método de sequestro do radical DPPH, o Capsul® se demonstrou mais eficiente, por apresentar maiores valores de % de SRL, sendo que apenas na temperatura de 60 °C não houve diferença entre os agentes carreadores. Com relação à Aw, as amostras se diferiram apenas na temperatura de 60 °C, onde a secagem utilizando maltodextrina apresentou Aw menor do que o Capsul®.

Com relação à umidade foi observado que as amostras apresentaram padrões semelhantes das temperaturas testadas, abaixo de 8%, sendo considerados de baixa umidade. Pós com baixa umidade impedem a aglomeração das partículas, o que contribui para retenção de compostos ativos (DA SILVA et al, 2013).

A solubilidade dos pós foi semelhante para ambos os agentes utilizados, apresentando solubilidade acima de 60%. Resultados semelhantes foram observados por Lacerda et al (2016), Fernandes, Borges e Botrel (2014) e Souza et al. (2018) que utilizaram Capsul® e maltodextrina como agentes de secagem. Segundo Souza et al. (2018), elevada solubilidade utilizando Capsul® e maltodextrina como agentes já é esperada devido à alta solubilidade dos agentes em água.

Com relação a compostos fenólicos, em geral o Capsul® foi o agente mais recomendado, visto que os pós produzidos apresentaram uma maior quantidade de compostos fenólicos na maioria nas temperaturas testadas. Esses compostos contribuem para qualidades sensoriais como cor, flavor e aroma de frutas e vegetais frescos ou de seus produtos. Apresentam também atividade antioxidante e antiomicrobiana, neste contexto é desejado que a concentração de compostos fenólicos nos pós seja elevada (KIM et al, 2003).

Com relação à coordenada de cor luminosidade, L^* , pós produzidos com ambos os agentes apresentaram valores de L^* próximos de 80, ou seja, as amostras apresentaram-se claras.

Para capacidade antioxidante (DPPH), pós produzidos com o Capsul® apresentaram SRL% acima de 60%. Por este motivo o Capsul® foi o mais indicado. Este fato pode ser explicado devido ao amido modificado ter propriedades lipofílicas, tendo assim afinidade pelos carotenoides, impedindo sua degradação por agentes externos, apresentando assim maior capacidade antioxidante quando comparado à secagem utilizando maltodextrina.

Os pós produzidos com ambos os agentes apresentaram a_w menor que 0,4 em todas as temperaturas testadas, sendo considerados produtos com baixa umidade ($a_w < 0,6$). Os valores de a_w encontrados contribuem para uma baixa mobilidade molecular, levando a redução das reações químicas, enzimáticas e oxidativas, com pouco ou nenhum crescimento de microrganismos (RIBEIRO; SERAVALLI, 2007, FENNEMA; DAMORADAN; PARKIN, 2010).

Neste contexto, os agentes não se diferiram para as respostas parâmetro de cor a^* , higroscopicidade e carotenoides. Para compostos fenólicos e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) o Capsul® se apresentou melhor, sendo assim indicado como melhor agente utilizado na secagem por leito em espuma.

4.4.4 Otimização das condições de temperatura e agente carreador para a secagem em leito de espuma – Desejabilidade

As condições ótimas para as variáveis resposta são distintas, com isso foi realizada a técnica de otimização simultânea das variáveis por meio da função desejabilidade, com o objetivo de obter a melhor condição da secagem em leito de espuma utilizando as respostas que foram consideradas mais importantes. Com isso, maximizou-se as variáveis ABTS, compostos fenólicos, solubilidade, carotenoides e DPPH e foi minimizada as variáveis higroscopicidade e A_w . Os valores das respostas \hat{y}_i foram estimados usando modelos de regressão ajustados, valores médios quando não foi possível realizar o ajuste dos modelos.

Após a realização da otimização simultânea das respostas foi observado que a condição que obteve maior desejabilidade (0,5085) foi utilizando maltodextrina como agente carreador à temperatura de secagem de 60°C. A Figura 9 apresenta a

desejabilidade global como função da temperatura para os dois tipos de agente carreador.

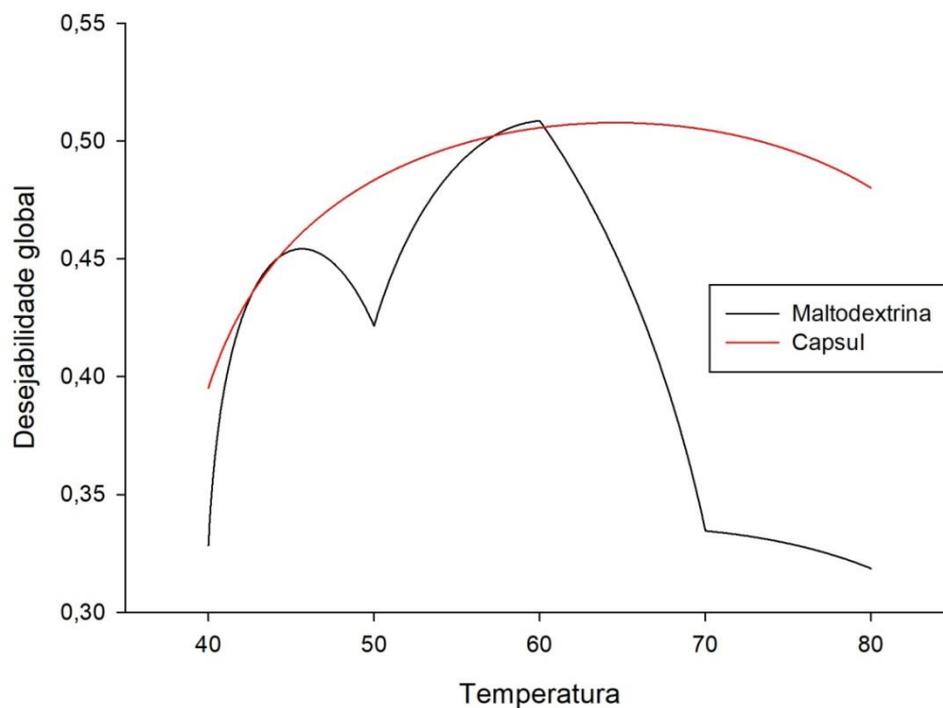


Figura 9- Desejabilidade global versus temperatura para os agentes testados.

Foi observado que o Capsul® foi superior a maltodextrina nas temperaturas de 40, 50, 70 e 80°C, porém no ponto ótimo (60°C) a maltodextrina apresentou uma maior desejabilidade.

El-Aouar (2005) avaliou a secagem de mamão formosa em diversas temperaturas, constatou através da análise de superfície de resposta que a temperatura ótima de secagem visando uma melhor condição do produto final foi de 50 °C. Levando em consideração a variação entre os equipamentos e a ausência de agentes carreadores pode-se dizer que a temperatura aproxima-se a temperatura ótima encontrada neste estudo. Kandasamy; Varadharaju; shaik (2012) ao secarem mamão papaia por leite em espuma obtiveram temperatura de 60 °C como condição ótima de secagem, visto que esta temperatura foi a que apresentou melhores condições nutricionais do produto.

Ibrahim Silva et al (2012) ao secar extrato de jabuticaba em spray dryer utilizando como agente carreador Capsul®, maltodextrina e goma arábica, através da ferramenta de otimização de respostas desejabilidade, obteve como condição

ótima maltodextrina a 180 °C. Fernandes, Borges e Botrel (2014) ao secarem óleo essencial concluíram que uma mistura de amido modificado Capsul® e a maltodextrina além de apresentar retenção de compostos voláteis possuem a vantagem do custo benefício. Deste modo, o presente estudo apresenta resultado semelhante a estudos recentes.

4.4.5 Estudo dos agentes carreadores na secagem por liofilização e por leito em espuma

A seguir, são apresentados os resultados com a utilização das duas técnicas de secagem (leito de espuma a 60°C e liofilização) e dos dois carreadores (maltodextrina e Capsul®).

4.4.5.1 Interação não significativa

Os fatores técnicas de secagem e agente carreador atuam de forma independente em relação as variáveis ABTS, b*, Aw, higroscopicidade, solubilidade, carotenoides e DPPH, pelo teste F, ao nível de 5% de probabilidade. Foram estudados os fatores: técnicas de secagem e agente carreador isoladamente. O Efeito do agente carreador está apresentado na Tabela 10.

Tabela 10- Efeito do agente carreador sobre as variáveis resposta

| Agente carreador | Respostas | | | | | | |
|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| | ABTS | b* | Aw | Higroscopicidade | Solubilidade | Carotenoides | DPPH |
| Maltodextrina | 8,55 ^a | 24,73 ^a | 0,159 ^b | 30,91 ^a | 90,61 ^a | 2119,38 ^a | 84,77 ^a |
| Capsul® | 7,62 ^a | 25,21 ^a | 0,236 ^a | 29,40 ^a | 89,01 ^a | 1804,70 ^a | 77,47 ^b |

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma coluna, não diferem entre si (p> 0,05) pelo teste de F. ABTS: µM Trolox/g, Higroscopicidade: g H₂O abs/100 g massa seca, Solubilidade: %, Carotenoides: µ β-Criptoxantina/ 100 g de amostra, DPPH: %SRL.

Para ABTS, higroscopicidade, solubilidade e carotenoides os pós produzidos com os agentes carreadores maltodextrina e capsul® não apresentaram diferença entre si. Para o parâmetro Aw, pós produzidos com maltodextrina se apresentaram melhores, visto que tiveram uma atividade de água menor, o que contribui para sua conservação, pois se torna menos susceptível a reações de oxidação e degradação,

além de limitar o crescimento de microrganismos (NOLLET,2004; FELOWS, 2007; FENNEMA; DAMORADAN; PARKIN, 2010). Uma possível explicação para este fato seria que a maltodextrina quando em contato com a água atua como umectante, se ligando a água, com isso apresentando menor Aw, já o Capsul® é lipofílico, sendo assim não se liga com água, fazendo com que as moléculas de água fiquem livres, acarretando maior Aw.

Já era esperado que a secagem utilizando o Capsul® apresentasse uma Aw inferior a maltodextrina, visto que a Aw do Capsul® e da maltodextrina puros são 0,170 e 0,526, respectivamente. Para atividade antioxidante pelo radical DPPH pós produzidos com maltodextrina apresentaram maior capacidade de sequestro.

Souza et al (2018) ao secar tomate em spray dryer utilizando como agentes carreadores maltodextrina e Capsul®, utilizaram como resposta o teor de carotenoides, capacidade antioxidante (ABTS), umidade, solubilidade e higroscopicidade e concluíram que não houve diferença entre os agentes testados, resultados semelhante ao encontrado no presente estudo.

A Tabela 11 apresenta o efeito das técnicas de secagem nas variáveis resposta.

Tabela 11- Efeito das técnicas de secagem nas variáveis resposta

| Técnicas | Respostas | | | | | | |
|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| | ABTS | b* | Aw | Higroscopicidade | Solubilidade | Carotenoides | DPPH |
| Liofilização | 8,00 ^a | 23,53 ^a | 0,108 ^b | 34,32 ^a | 94,50 ^a | 1706,50 ^b | 84,77 ^a |
| Leito em espuma | 8,17 ^a | 26,42 ^a | 0,287 ^a | 26,00 ^b | 85,12 ^a | 2217,48 ^a | 77,4 ^b |

Médias seguidas pela mesma letra, dentro de uma mesma coluna, não diferem entre si ($p > 0,05$) pelo teste de F. ABTS: μM Trolox/g, Higroscopicidade: g H₂O abs/100 g massa seca, Solubilidade: %, Carotenoides: μg β -Criptoxantina.100 g⁻¹ de amostra, DPPH: %SRL.

Para ABTS, parâmetro de cor b* e solubilidade os pós produzidos pelas técnicas de leito em espuma e liofilização não apresentaram diferença entre si. Para o parâmetro de Aw, e DPPH a liofilização se apresentou melhor, já para higroscopicidade e carotenoides a técnica de leito em espuma se apresentou melhor.

Com relação à capacidade antioxidante (DPPH) a técnica de liofilização se apresentou melhor, porém para ABTS, as diferentes técnicas não apresentaram diferença significativa nos pós. Devido aos diferentes tipos de radicais e aos diferentes sítios de ação, dificilmente haverá um único método capaz de representar de forma segura e precisa a verdadeira atividade antioxidante de uma substância, sendo assim já que são métodos diferentes, podem apresentar resultados diferentes, justificando assim o resultado obtido (SUCUPIRA et al. 2012). Deste modo, nas análises de atividade antioxidante de alimentos é recomendado o emprego de pelo menos dois métodos de dosagem.

Para higroscopicidade a técnica de leito de espuma se apresentou como a mais indicada, isso pode ser explicado pelo fato de que durante a liofilização de extratos de frutas, produtos com altos teores de açúcares amorfos são obtidos. Este estado favorece a alta higroscopicidade (CARLOS; RESENDE; CAL-VIDAL, 2005). A higroscopicidade é uma propriedade importante, pois tem influencia direta na estabilidade dos alimentos (DAZA et al., 2016).

Para carotenoides, a técnica de leito em espuma foi a mais indicada por apresentar uma maior retenção destes compostos. Embora a liofilização seja um processo de desidratação caracterizado por manter a boa qualidade sensorial, nutricional e preservar compostos bioativos do alimento, esta técnica apresenta degradação dos carotenoides no decorrer do processo, uma vez que a estrutura celular e os complexos contidos nos alimentos podem se romper, permitindo que os carotenoides estejam susceptíveis a fatores externos, como o oxigênio, propiciando a sua destruição (ALVES et al., 2008). Além disso, a liofilização aumenta a porosidade da matriz expondo os carotenoides ao oxigênio de maneira efetiva (RODRIGUES-AMAYA, 1993; CARNEIRO, 2016).

4.4.5.2 Interação significativa

Pela ANOVA, observou-se que os fatores técnicas de secagem e agente carreador não atuaram de forma independente em relação às variáveis compostos fenólicos, L*, a* e umidade. A Tabela 12 apresenta o desdobramento da interação entre os fatores.

Tabela 12- Desdobramento da interação entre os fatores técnicas de secagem e agente carreador

| Agentes | Respostas | | | | | | | |
|---------|----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Compostos fenólicos | | Umidade | | L* | | a* | |
| | Lio | Leito | Lio | Leito | Lio | Leito | Lio | Leito |
| Malto | 208.11 ^{Aa} | 95.72 ^{Ba} | 1.59 ^{Bb} | 3.34 ^{Aa} | 84.37 ^{Aa} | 75.82 ^{Bb} | 10.01 ^{Bb} | 11.39 ^{Aa} |
| Capsul® | 152.28 ^{Aa} | 48.88 ^{Aa} | 2.95 ^{Aa} | 2.67 ^{Ab} | 84.30 ^{Aa} | 78.94 ^{Ba} | 11.49 ^{Aa} | 10.11 ^{Bb} |

Lio: Liofilização. Leito: Secagem em leito de espuma. Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na HORIZONTAL não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ($p > 0,05$). Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na VERTICAL não diferem estatisticamente entre si pelo teste F ($p > 0,05$). Compostos fenólicos: (mg EAG/100g), Umidade (%).

Para compostos fenólicos foi observado que pós produzidos pela técnica de liofilização apresentaram um maior teor quando comparados aos pós produzidos pela técnica de leito em espuma utilizando o agente maltodextrina. Já quando utilizado o agente Capsul® as técnicas não apresentaram diferença significativa. Com relação aos agentes carreadores, tanto na liofilização quanto no leito em espuma, os agentes carreadores não apresentaram diferença significativa entre si.

Pós produzidos por secagem em leito de espuma utilizando maltodextrina apresentaram maior umidade. Para o Capsul® ambas as técnicas apresentaram umidades iguais. Na liofilização o capsul possibilitou a produção de pós mais úmidos e no leito em espuma a maltodextrina apresentou este comportamento.

Para o parâmetro de cor L* a técnica de liofilização apresentou um valor de L* maior quando comparado ao leito em espuma utilizando a maltodextrina como agente carreador. Para o agente carreador Capsul® a técnica de liofilização também apresentou um maior valor de L*. Para a técnica de liofilização os agentes maltodextrina e Capsul® apresentaram o mesmo valor L*, já para o leito em espuma o Capsul® apresentou um maior valor de L*.

Para o parâmetro de cor a^* a técnica de leite em espuma apresentou um valor de L^* maior quando comparado ao leite em espuma utilizando a maltodextrina como agente carreador. Para o agente carreador Capsul® a técnica de liofilização apresentou um maior valor de a^* . Para a técnica de liofilização o Capsul® apresentaram maior valor de a^* , já para o leite em espuma a maltodextrina apresentou um maior valor de a^* .

A Figura 10 apresenta os pós produzidos utilizando maltodextrina e Capsul® como agentes carreadores, via secagem por leite em espuma a 60 °C e por liofilização.

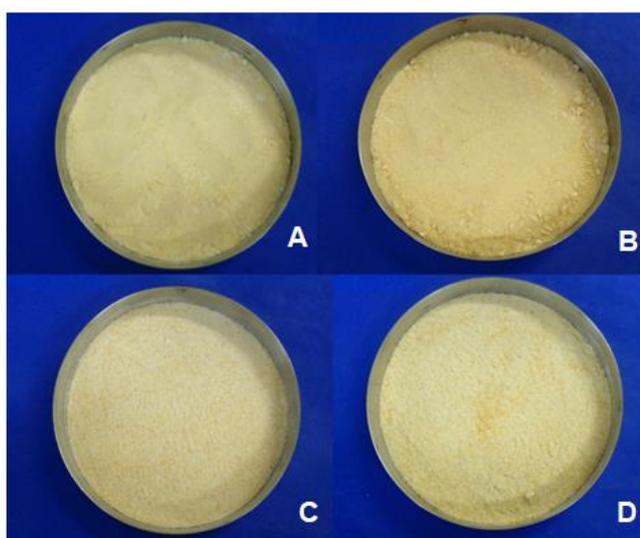


Figura 9- Pó produzido por liofilização com agente maltodextrina (A). Pó produzido por liofilização com agente Capsul® (B). Pó produzido por leite em espuma com agente maltodextrina (C). Pó produzido por leite em espuma com agente Capsul® (D).

Em linhas gerais as duas técnicas se apresentaram viáveis não existindo diferença significativa para as variáveis ABTS, coordenada de cor b^* e solubilidade. Para o parâmetro de L^* , e DPPH a liofilização se apresentou melhor na produção dos pós, já para higroscopicidade e carotenoides a técnica de leite em espuma se apresentou melhor. A escolha da técnica de secagem depende de diversos fatores como característica que se deseja estabelecer ou manter no produto. Por exemplo, caso se deseja um produto que mantenha ao máximo os carotenoides do mamão *in natura* e a capacidade antioxidante (ABTS) elevada, a técnica indicada seria a secagem em leite de espuma.

Os agentes carreadores maltodextrina e Capsul® não apresentaram diferença entre si com relação à atividade antioxidante (ABTS), higroscopicidade, solubilidade e carotenoides independentemente da técnica de secagem.

Com isso, para a secagem do extrato aquoso de mamão papaia recomenda-se maltodextrina, por não apresentar diferença significativa quando comparado ao Capsul® para as respostas ABTS, higroscopicidade, solubilidade e carotenoides, apresentar maior DPPH e menor Aw, além disso possui um baixo custo quando comparado ao Capsul®.

4.5 Conclusão

A polpa do mamão papaia da variedade Aliança mostrou-se apta a ser utilizada em processamento e para consumo *in natura* pelas características físico-químicas analisadas. O extrato aquoso analisado apresentou compostos fenólicos, e uma boa capacidade antioxidante avaliada por dois métodos. Com isso, o extrato aquoso de mamão papaia foi considerado uma potencial fonte de antioxidantes naturais para a dieta humana.

O modelo de Page foi o que melhor se adequou aos dados experimentais na cinética de secagem em leito de espuma. Levando-se em consideração os fatores estudados (agentes carreadores e temperaturas) na secagem em leito de espuma, pela otimização simultânea das variáveis resposta recomendou-se a temperatura do ar de secagem de 60 °C e a utilização de maltodextrina como agente.

No estudo do leito de espuma para diferentes temperaturas e agentes, os agentes não se diferiram para as respostas parâmetro de cor a^* , higroscopicidade e carotenoides. Para compostos fenólicos e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) o Capsul® se apresentou melhor, sendo assim indicado como melhor agente utilizado na secagem por leito em espuma.

Com relação ao estudo comparativo das técnicas de secagem (liofilização e leito em espuma) e agentes carreadores (maltodextrina e Capsul®), para a secagem do extrato aquoso de mamão papaia recomenda-se o uso do agente maltodextrina, por não apresentar diferença significativa quando comparado ao Capsul® para as respostas ABTS, higroscopicidade, solubilidade e carotenoides, apresentar maior DPPH e menor Aw, além disso possui um baixo custo quando comparado ao Capsul®. Para a técnica de secagem recomenda-se o uso da secagem por leito em

espuma baseando na sua menor higroscopicidade, maior teor de carotenoides; menor custo e menor tempo de processo.

Salienta-se neste estudo que as escolhas dos agentes carreadores, temperaturas de secagem em leito de espuma e técnica indicada para a secagem do extrato aquoso de mamão papaia vão depender da característica final desejada dos pós e sua posterior aplicação. Por exemplo, caso se deseje um produto que mantenha ao máximo os carotenoides do mamão *in natura* e a capacidade antioxidante (ABTS) elevada, a técnica indicada seria a secagem em leito de espuma.

4.6 Referências bibliográficas

ABDEL-NAEEM, H. H. S.; MOHAMED, H. M. H. Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. **Meat Science**, v. 118, p. 52–60, 2016.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenoides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.4, p. 830-839, 2008.

ARAÚJO, C. S.; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; SARAIVA, S. H.; OLIVEIRA, A. N.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Brazilian Journal Food Technology**, v. 20, 2017.

BAKOWSKA-BARCZAK, A. M.; KOLODZIEJCZYK, P.P. Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. **Industrial Crops and Products**, v.34, n. 2, p. 1301-1309, 2011.

BLOOR. S. J. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. **Methods in Enzymology**, v. 335, p. 3-14, 2001.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, A. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Instrução Normativa no 01, de 07 de janeiro de 2000. Aprova o regulamento técnico de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 10 jan. 2000. Seção I, p.54.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus betacyan* pigments. **Journal of food Science**, v. 65, p. 1248-1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 5, n. 4, p. 420-428, 2005.

CARLOS, A, L.; RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Redução da Higroscopicidade de Pós Liofilizados pela Indução da Cristalização em Soluções-Modelo de Açúcares Constituintes de Frutas. **Brazilian Journal of Food Tecnology**, v.8, n.2, p. 163-173, 2005.

CARNEIRO, B. L, A. **Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da fruta de buriti congelada, liofilizada e atomizada**. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP). 111f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Piracicaba/SP, 2016.

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

CRUZ, C.D. **Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics**. Acta Scientiarum.Agronomy, v.35, n.3, p. 271-276, 2013.

DA SILVA, F.C., DA FONSECA, C.R., DE ALENCAR, S.M., THOMAZINI, M.,BALIEIRO,J.C., PITTIA, P., FAVARO-TRINDADE, C.S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems. **Food and Bioproducts Processing**. v.91, n.1, p. 28–36, 2013.

DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F.; **Mamão: O produtor pergunta a Emprapa responde**. 2º ed. Brasília: Emprapa, 2013. p.176.

DAZA, D. L.; FUJITA, A.; FÁVARO-TRINDADE, S. C.; RODRIGUES-RACT, N. J.; GRANATO, D.; GENOVESE, I. M. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruite xtracts. **Food and Bioproducts Processing**, v. 97, p. 20-29, 2016.

DERRINGER, G.; SUICH, R. Simultaneous optimization of several response variables. **Journal of Food Technology**, v. 12, n.4, p. 214-219, 1980.

EL-AOUAR, A. A. **Estudo do processo de secagem de mamão formosa (*Caryca papaia* L.) fresco e pré-tratado osmoticamente**. 2005. 241 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Alimentos)- Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/mamao>>. Acesso em 13 nov. 2017.

FELLOWS, P. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas**- 2ºEd. – Editora: Acribia, 2007.

FENNEMA, O. R.; DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**- 4ºEd. – Editora: Artmed, 2010.

FERNANDES, R. V. D. B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of Rosemary essential oil. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, n.1, p. 524-523, 2014.

GARDNER, P. T.; WHITE, T. A. C.; MC PHAIL, D. B.; DUTHIE, G. G. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. **Food Chemistry**, v. 68, n. 4, p. 471-474, 2000.

GOYAL, S.; MANIVANNAN, B.; ANSARI, A. S.; JAIN, S. C.; LOHIYA, N. K. Safety evaluation of long term oral treatment of metanol sub-fraction of the seeds of *Carica*

papaya as a male contraceptive in albino rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 27, p. 286-291, 2010.

GUIMARÃES, M. K. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; Foam-mat drying kinetics of keitt mango pulp. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 172 - 180, 2017.

GUPTA, A.; WAMBEBE, C.; PARSONS, D. L. Central and cardiovascular effects of alcoholic extract of the leaves of *Carica papaya*. **Pharmaceutical Biology**, v. 28, p. 257-266, 1990.

IBRAHIM SILVA, P.; STRINGUETA, P.C.; TEÓFILO, R. F.; OLIVEIRA, I. R. N. Parameter optimization for spray-drying microencapsulation of jaboticaba (*Myrciaria jaboticaba*) peel extracts using simultaneous analysis of responses. **Journal of Food Engineering**, v. 117, n. 4, p. 538-544, 2012.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Disponível em: <<https://incaper.es.gov.br/fruticultura-mamao>>. Acesso em: 16 jan. 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos: Carnes e produtos cárneos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ISLAM, M. A.; SAKKAS, V.; ALBANIS, T. A. Application of statistical design of experiment with desirability function for the removal of organophosphorus pesticide from aqueous solution by low-cost material. **Journal of Hazardous Materials**, v. 170, p. 230-238, 2009.

IYER, D.; SHARMA, B. K.; PATIL, U. K. Effect of ether- and watersoluble fractions of *Carica papaya* ethanol extract in experimentally-induced hyperlipidemia in rats. **Pharmaceutical Biology**, v.49, p.1306-1310, 2011.

JÚNIOR FRANCISCO, R.; TORRES, L. B. V; CAMPOS, V. B.; LIMA, A. R.; OLIVEIRA, A. D.; MOTA, J. K. M. Caracterização físico-química de frutos de mamoeiro comercializados na empresa de campina grande-PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.1, p.53-58, 2007.

KADAM, D. M.; WILSON, R.A.; KAUR, S. Determination of biochemical properties of foam-mat dried mango powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, n. 8, p. 1625-1632, 2010.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; SHAIK, K. Preparation of Papaya Powder under Foam-Mat Drying Technique using Egg Albumin as Foaming Agent. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**, v. 3, p. 324-331, 2012.

KHANLARI, Y.; AROUJALIAN, A.; FAZEL, S.; FATHIZADEH, M. An experimental work and mathematical modeling on kinetic drying of tomato pulp under different modified atmosphere conditions. **International Journal of Food Properties**, v.17, p. 1-12, 2014.

KHONSARN, N.; LAWAN, S. Level of Xanthophyll, Lutein and Zeaxanthin in Selected Thai Fruits Determined by HPLC. **International Proceedings of Chemical**, v. 39, p. 240-243, 2012.

KIM, D.; JEONG, S. W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food Chemistry**, v.81, p.231-326, 2003.

KOVENDAN, K.; MURUGAN, K.; PANNEERSELVAM, C.; AARTHI, N. KUMAR, P.; SUBRAMANIAM, J.; AMERASAN, D.; KALIMUTHU, K.; VINCENT, S. Anti-malarial activity of *Carica papaya* (Family: Carica-ceae) leaf extract against *Plasmodium falciparum*. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, p. 306-311, 2012.

LACERDA, E. C. Q., CALADO, V. M. A., MONTEIRO, M., FINOTELLI, P. V., TORRES, A. G., & PERRONE, D. Starch, inulin and maltodextrin as encapsulating agents affect the quality and stability of jussara pulp microparticles. **Carbohydrate Polymers**, p. 500–510, 2016.

LEE, Y. M.; SEON, M. R.; CHO, H. J.; KIM, J. S.; PARK, J. H. Benzyl isothiocyanate exhibits anti-inflammatory effects in murine macrophages and in mouse skin. **Journal of Molecular Medicine**, v. 87, p. 1251–1261, 2009.

MARIN, S. L. D.; Mamão Papaya – Produção, Pós colheita e Mercado. In: 11ª SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 2004, Ceará. Anais... Fortaleza: Instituto de desenvolvimento da fruticultura e agroindústria, p. 82, 2004.

NAYAK, S.; PINTO, B. PEREIRA, L.; MAHARAJ, D. Wound healing activity of *Carica papaya* L. in experimentally induced diabetic rats. **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 45, p. 739–743, 2007.

NG LING, M.; SULAIMAN, R. Development of Beetroot (*Beta Vulgaris*) Powder Using Foam Mat Drying. **Food Science and Technology**, v.8, p. 80-86, 2018.
NGUYEN, T. T.; SHAW, P. N.; PARAT, M. O.; HEWAVITHARANA, A. K. Anti-cancer activity of *Carica papaya*: A review. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 57, p. 153-164, 2013.

NOLLET, L. M. L. **Handbook of food analysis: Physical characterization and nutrient analysis**- New York: Marcel Dekker, 2004.

NUNES, N. N.; SANTANA, L. A.; SAMPAIO, M. U.; LEMOS, F. J.; OLIVA, M. L. The component of *Carica papaya* seed toxic to *A. aegypti* and the identification of tegupain, the enzyme that generates it. **Chemosphere**, v. 92, p. 413–420, 2013.

OLIVEIRA, S. D.; AQUINO, P. P.; RIBEIRO, S. M. R.; PROENÇA, R, P, C.; SANT'ANA, H. M. P. Vitamina C, carotenoides, fenólicos totais e atividade antioxidante de goiaba, manga e mamão procedentes do Ceasa do estado de Minas Gerais, **Acta Scientiarum Health Sciences**, v. 33, n. 1, p. 89-98, 2011.

OTSUKI, N.; DANG, N. H.; KUMAGAI, E.; KONDO, A.; IWATA, S.; MORIMOTO, C. Aqueous extract of *Carica papaya* leaves exhibits anti-tumor activity and

immunomodulatory effects. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 127, p. 760-767, 2010.

OWOYELE, B. V.; ADEBUKOLA, O. M.; FUNMILAYO, A. A.; SOLADOYE, A. O. Anti-inflammatory activities of ethanolic extract of *Carica papaya* leaves. **Inflammopharmacology**, v. 16, p. 168-173, 2008.

PARK, K. J.; YADO, M. K. M.; BROD, F. P. R. Estudo de secagem de pêra bartlett (*pyrus* sp.) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 3, p. 288–292, 2001.

PAYNE, W. G.; SALAS, R. E.; KO, F.; NAIDU, D. K.; DONATE, G.; WRIGHT, T. E.; ROBSON, M. C. Enzymatic debriding agents are safe in wounds with high bacterial bioburdens and stimulate healing. **Eplasty**, v. 8, p. 151-156, 2008.

PEDRO, C. Q.; TANIA, G. F.; INGRID, R. B.; SANTIAGO, G. T. Anti-fungal activity in ethanolic extracts of *Carica papaya* L. cv. maradol leaves and seeds. **Indian Journal of Microbiology**, v. 51, p. 54-60, 2011.

PICOLLO, M. P.; ALEXANDRE, R. S.; SILVA, M. B.; PINOTTI, L. M.; **Ciência e Tecnologia de Alimentos: Produção e Sustentabilidade**. Jundiaí: Pacco Editorial, 2014. 396 p.

RE, R.; PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

REIS, R.C.; VIANA, E.S.; JESUS, J.L.; DANTAS, J.L.L.; LUCENA, R.S. Caracterização físico-química de frutos de novos híbridos e linhagens de mamoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 3, p. 210-217, 2015.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E, A. G.; **Química de Alimentos- 2º Ed-** Editora: Blucher, 2007

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 2001. 64p.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **Stability of carotenoids during the storage of foods**. In: CHARALAMBOUS, F. (Ed.). Shelf life studies of foods and beverages: chemical, biological, physical and nutritional aspects. Amsterdam: Elsevier Science, 1993.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; AMAYA-FARFAN, J. **Fontes brasileiras de carotenoides: Tabela brasileira de composição de carotenoides em alimentos**. Brasília: MMA/SBF, 2008. 100p.

SARTORI, G. V.; COSTA, C. N.; RIBEIRO, A. B.; Conteúdo Fenólico e Atividade Antioxidante de Polpas de Frutas Congeladas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 5, n. 3, p. 8–14, 2014.

SENTANIN, M. A.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid levels in papaya and peach determined by high performance liquid chromatography. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 1, p. 13–19, 2007.

SIGMAPLOT. 2008. For windows, version 11.0. **Systat Software**, 2008.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic Phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOUSA, P. H. M.; ALMEIDA, M. M. B.; FERNANDES, A. G.; MAIA, G. A.; MAGALHÃES, A. C.; LEMOS, T. L. G. **Correlação entre a atividade antioxidante e os conteúdos de vitamina C e fenólicos totais em frutas tropicais do nordeste brasileiro**. In: XLVII Congresso Brasileiro De Química, 2007, Natal. Anais... Natal, 2007.

SOUZA, A. L. R.; CHÁVEZ, D. W.; H.; PONTES, S. M.; GOMES, F. C.; CABRAL, F. S. G.; TONON, R. V. Microencapsulation by spray drying of a lycopene rich tomato concentrate: Characterization and stability. **Food Science and Technology**, v. 91, p. 286-292, 2018.

STATSOFT, INC. **Programa computacional Statistica 7.0.E.A.U.** 2004.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA, G.; COSTA, J. N. Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **UNOPAR Científica: Ciência Biológicas e da Saúde**, v. 4, n. 6, p. 263-269, 2012.

TAN, S. P.; STATHOPOULOS, C.; PARKS, S.; ROACH, P. Optimised Aqueous Extract of Phenolic Compounds from Bitter Melon with High Antioxidant Capacity. **Antioxidants (Basel)**, v. 3, n. 4, p. 814–829, 2014.

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

UDOMKUN, P.; NAGLE, M.; ARGYROPOULOS, D.; MAHAYOTHEE, B.; LATIF, S.; MÜLLER, J. Compositional and functional dynamics of dried papaya as affected by storage time and packaging material. **Food Chemistry**, v. 196, p. 712–719, 2015.

YASMEEN, M.; PRABHU, B. Anti-hyperglycemic and hypolipidemic activities of aqueous extract of *Carica papaya* Linn. leaves in alloxan-induced diabetic rats. **Journal of Ayurveda and Integrative Medicine**, v. 3, p. 70–74, 2012.

5 CAPÍTULO II: SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA E LIOFILIZAÇÃO DE EXTRATO AQUOSO DE MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya* L.): CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS PÓS E ESTUDO DA ESTABILIDADE AO ARMAZENAMENTO

RESUMO

Guimarães da Silva, Natássia. **Secagem em leito de espuma e liofilização de extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.): caracterização física dos pós e estudo da estabilidade ao armazenamento.** 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) -Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – ES. Orientador: Profa. Dra. Pollyanna Ibrahim Silva. Coorientador(es): Prof. Dr. Joel Camilo Souza Carneiro, Profa. Dra. Janaína Cecília Oliveira Villanova Konishi.

O mamão papaia (*Carica papaya* L.) se apresenta como fonte de vitamina C, cálcio, potássio, magnésio e carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina. Após a colheita do mamão, ocorrem perdas devido a sua rápida senescência. Conseqüentemente, o processamento pós-colheita é uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do mamão. Com isso o objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da secagem por leito em espuma e liofilização nas propriedades de estabilidade ao armazenamento do extrato de mamão papaia (*Carica papaya* L.) e caracterizar fisicamente os pós obtidos. Foi preparado um extrato aquoso de mamão adicionado de dois agentes carreadores: Capsul® e maltodextrina, ambos na concentração de 30%. Os pós foram produzidos utilizando as técnicas de secagem em leito em espuma (60°C) e liofilização. Estes foram caracterizados com relação à microscopia eletrônica de varredura (MEV), atividade de água (A_w), carotenoides, compostos fenólicos e coordenadas de cor (L^* , a^* e b^*) e armazenados a 25°C por 60 dias. Pelas micrografias pode-se observar que a secagem por leito em espuma resultou em um produto não uniforme na forma e no tamanho das partículas para todas as amostras avaliadas. Para os pós liofilizados observou-se que as partículas apresentaram tamanhos variados não apresentando formatos bem definidos. Para a A_w , em ambas as técnicas e agentes, os valores obtidos foram baixos, variando entre 0,438 e 0,470 após os 60 dias de armazenamento, sendo os produtos considerados microbiologicamente estáveis. Foi observado que o tempo de meia vida dos carotenoides quando comparado numericamente aos compostos fenólicos, se apresentou menor. Os parametros de cor (L^* , a^* e b^*) apresentaram tempo de meia vida acima de 60 dias. Uma alternativa para minimizar a perda destes carotenoides, que são de grande importância, seria utilizar temperaturas de armazenamento mais baixas.

Palavras-chave: leito em espuma, liofilização, estabilidade ao armazenamento.

5.1 Introdução

O mamão papaia (*Carica papaya* L.) é uma planta nativa da América Tropical, pertencente à família das *Caricaceae*s (MARIN, 2004). Possui uma casca lisa, sem manchas externas, com polpa espessa, de coloração vermelho alaranjada, com o amadurecimento lento e altos teores de açúcares (ALMEIDA et al., 2003). O papaia é uma cultura frutícola importante, que serve como uma boa fonte de nutrientes como vitamina C, cálcio, potássio e magnésio (BAUTISA et al., 2013), além de apresentar carotenoides como β -caroteno, β -criptoxantina, licopeno, luteína e zeaxantina (KHONSARN; LAWAN, 2012).

A colheita do mamão papaia inicia-se normalmente de oito a nove meses após o plantio, colhendo-se semanalmente, dependendo do local e da época de plantio. Na região Norte do estado do Espírito Santo, devido ao efeito de temperatura sobre o crescimento e maturação do fruto, considera-se a ocorrência de duas épocas distintas de colheita: de verão entre setembro e abril e de inverno entre maio e agosto (MARIN, 2004).

Após a colheita do mamão, ocorrem perdas consideráveis devido a sua rápida senescência, que provoca alta perecibilidade. Consequentemente, o processamento pós-colheita é uma alternativa para prolongar a vida útil, preservar a qualidade, aumentar a flexibilidade na disponibilidade e comercialização do produto (BRAMLEY, 2000; KHONSARN; LAWAN, 2012).

Com isso, é desejável produzir um pó seco a partir do extrato desta fruta, uma vez que o pó é mais fácil de manusear e possui maior conservação do que um extrato, pois se torna menos susceptível a oxidação e degradação, principalmente com relação aos compostos bioativos, garantindo a disponibilidade do produto (TAN et al., 2014).

Dois técnicas são frequentemente utilizadas na secagem de alimentos, são elas: liofilização e leito em espuma. A liofilização é um processo pelo qual a água é removida por desidratação, através da sublimação do gelo nos alimentos. Esta técnica é indicada para a secagem de materiais contendo componentes antioxidantes e sensíveis ao calor, como tocoferóis, ácido ascórbico, carotenoides e compostos fenólicos. A secagem por liofilização é conhecida por prolongar a vida útil dos alimentos além de atuar no crescimento microbiano e retardo da oxidação lipídica (MARQUES; SILVEIRA; FREIRE, 2006).

A secagem em leite de espuma é considerada de baixo custo, em que se utilizam temperaturas mais baixas quando comparadas à secagem convencional (RAJKUMAR et al., 2007). As vantagens do processo de secagem em leite de espuma são: (i) taxa de secagem rápida, (ii) temperatura mais baixa, (iii) retenção de qualidade nutricional e sensorial e (iv) maior propriedade de reconstituição do pó, sendo adequado para matéria prima sensível (KADAM et al., 2010). O produto seco por leite em espuma possui propriedades desejadas, como a reidratação, densidade controlada e retenção de substâncias voláteis que se perderiam utilizando outras técnicas de secagem (KANDASAMY; VARADHARAJU; MALADHI, 2014).

A maioria dos alimentos, quando armazenados, podem sofrer reações que prejudiquem seu valor nutricional. Para avaliar este efeito, seus principais parâmetros de qualidade devem ser avaliados. A vida útil do alimento depende das propriedades físicas, dos fatores extrínsecos como propriedades da embalagem utilizada, temperatura, umidade relativa, condições ambientais do ar, luminosidade e alguns fatores intrínsecos dos alimentos, como acidez, presença de antimicrobianos naturais, potencial de oxirredução e atividade de água (ESCOBEDO-AVELLANEDA, VELAZQUEZ, TORRES, WELTI-CHANES, 2012).

Neste contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estabilidade ao armazenamento dos pós obtidos a partir do extrato aquoso de mamão papaia utilizando leite em espuma e liofilização e caracteriza-los fisicamente.

5.2 Objetivos

5.2.1 Objetivo geral

Avaliar a estabilidade ao armazenamento dos pós obtidos a partir do extrato aquoso de mamão papaia (*Carica papaya* L.) utilizando leite em espuma e liofilização e caracteriza-los fisicamente.

5.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os pós por microscopia eletrônica de varredura;
- Armazenar os pós na ausência de luz, na temperatura de 25°C, em embalagens laminadas durante o período de 60 dias;
- Avaliar a colorimetria, atividade de água, conteúdo de carotenóides e compostos fenólicos a cada 10 dias de armazenamento;
- Determinar o tempo de meia vida e a constante de degradação dos carotenoides, compostos fenólicos e coordenadas de cor.

5.3 Material e métodos

Os experimentos foram realizados no Departamento Engenharia de Alimentos, Departamento de Nutrição e Farmácia do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) campus de Alegre. As análises de microscopia foram realizadas no Laboratório de Ultraestrutura Celular Carlos Alberto Redins do Departamento de Morfologia da UFES, campus Maruípe, Vitória – ES.

5.3.1 Matéria-prima

Os frutos de mamão da espécie *carica papaya* L. da cultivar Aliança foram provenientes de uma área comercial localizada no município de Aracruz-ES.

As amostras foram transportadas para o laboratório de Química de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, onde foi realizada a retirada das polpas manualmente, que foram armazenadas sob congelamento (-20 °C) até a realização dos experimentos.

5.3.1 Preparo do extrato

A preparação do extrato de mamão papaia foi realizada com o auxílio de liquidificador foi adicionada água na proporção de 1:3 v/v (água/polpa). A camada fibrosa foi retirada através de uma filtração. Os extratos foram acondicionados em frascos âmbar e submetidos ao congelamento (-20 °C) até o momento da realização das análises referentes à sua caracterização e secagem.

5.3.2 Preparação dos pós

Foram utilizados dois agentes: Capsul® e maltodextrina. Foi utilizada uma solução com concentração de 30% para cada um dos agentes previamente dissolvidos em água obtida em um agitador. Foi realizada uma mistura na proporção de 2:3 extrato/solução carreadora. Para secagem em leito de espuma foi adicionado 3% do agente espumante Emustab® (Figura 11). As amostras foram moídas em moinho de facas (Solab Científica) após as secagens.

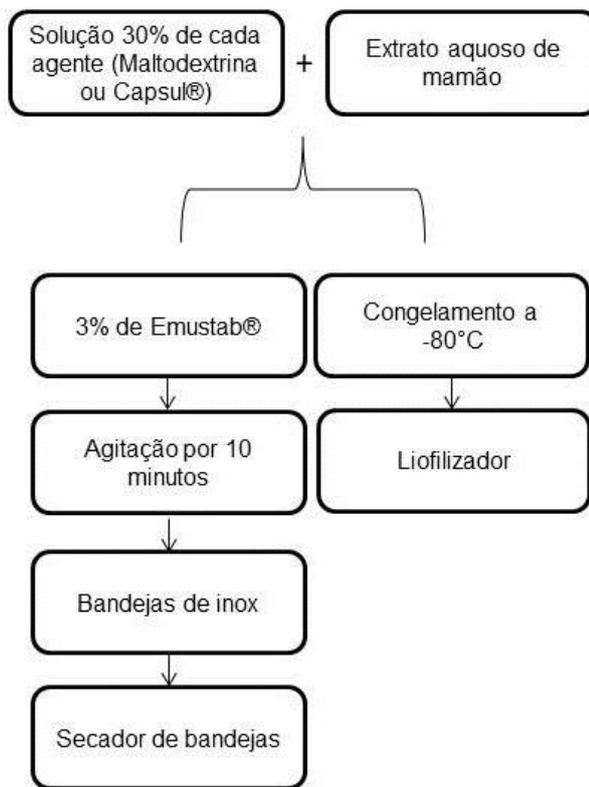


Figura 11- Fluxograma de preparação dos pós.

5.3.2.1 Secagem em leito de espuma

As misturas foram agitadas em uma batedeira (ARNO planetária modelo BPAI, 280 W, 50-60 Hz) por 10 minutos na velocidade 5, para a formação da espuma. As espumas foram espalhadas uniformemente em bandejas de inox com dimensões 50 x 40 cm e 1 cm de altura, sendo então colocadas em um secador de cabine. A temperatura do ar de secagem foi de 60°C.

5.3.2.2 Liofilização

As amostras foram congeladas a -80 °C, e em seguida foram liofilizadas em um liofilizador (Liotop, modelo L101), em -50 °C a 30 µHg, por um período de uma semana.

5.3.1 Caracterização dos pós

5.3.1.1 Caracterização morfológica das partículas por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para a caracterização morfológica das partículas foi utilizada a técnica de microscopia eletrônica de varredura (MEV) em microscópio JEOL (modelo JEM6610 LV), utilizando filamento de tungstênio a 20Kv. Os materiais foram metalizados com ouro (20 mPA, 20 minutos), em metalizador DESK V (modelo Denton Vacuum).

5.3.1.2 Quantificação de carotenoides totais

Em uma amostra de 3 g foram adicionados 20 mL de acetona resfriada, sendo a amostra macerada por um período de 2 minutos, e este procedimento foi realizado três vezes. Posteriormente, foi realizada a filtração a vácuo com o auxílio de um Kitassato envolto em papel alumínio para evitar a foto-oxidação dos pigmentos. O resíduo da filtração foi lavado com acetona por mais três vezes objetivando a total extração dos pigmentos. A um funil de separação foram adicionados 25 mL de éter de petróleo. Os pigmentos foram então transferidos, em pequenas frações, seguidas de água destilada, para o funil de separação, descartando-se a fase inferior. As amostras foram lavadas por mais quatro vezes para remoção total da acetona.

A leitura no espectrofotômetro (Bel Photonics, SP2000 UV) foi realizada no comprimento de onda de 425 nm (RODRIGUEZ AMAYA, 2001). O teor de carotenoides totais foi obtido pela Equação 3, e os resultados foram expressos em µg de β-criptoxantina/ 100 g de amostra.

$$\text{carotenoides totais} = \left(\frac{A \times V \times 10^6}{A^{1\%} (\epsilon) \times m \times 100} \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

A= absorbância;

V= volume final em mL;

A^{1%} = coeficiente de absortividade da β-criptoxantina em éter de petróleo (2386 cm⁻¹)

m= massa final da amostra em gramas.

5.3.1.3 Cor

Os extratos foram caracterizados pela leitura direta de reflectância do sistema das coordenadas retangulares “L*” (luminosidade), “a*” (intensidade de vermelho e verde) e “b*” (intensidade de amarelo e azul), empregando-se a escala de cor CIELAB, utilizando-se um colorímetro (Konica Minolta, Modelo CM-5, Japão).

5.3.1.4 Conteúdo Fenólico Total

Os extratos para determinação de compostos fenólicos foram obtidos conforme descrito por Bloor (2001). Brevemente, foram pesados 1 g de extrato (item 3.7.3), homogeneizados com 10 mL de metanol 60%, e submetido à agitação por 15 minutos, em temperatura ambiente. A amostra foi centrifugada a 1000 g por 5 minutos. O conteúdo fenólico do extrato foi determinado pelo ensaio espectrofotométrico com o reagente Folin Ciocalteau, baseado na redução dos ácidos fosfomolibdico e fosfotúngstico em meio alcalino na presença de fenólicos, gerando complexo de cor azul (SINGLETON; ROSSI, 1965). O ácido gálico foi utilizado como padrão e o teor total de fenólicos foi expresso como mg de ácido gálico equivalente por 100 g de extrato (mg AGE/100 g).

5.3.1.5 Atividade de água (Aw)

Foi determinada em um Analisador de Atividade de Água (LabMaster, Novasina) utilizando-se cubetas plásticas apropriadas.

5.3.1 Delineamento experimental e análises estatísticas

Para a estabilidade dos compostos durante o armazenamento, a constante da velocidade de reação (k) foi determinada por meio do coeficiente angular da reta. O tempo de meia vida ($t_{1/2}$) foi determinado por meio do tempo necessário para que os valores da concentração de carotenoides, coordenadas de cor e compostos fenólicos se reduziram à metade do valor inicial. O modelo escolhido (Equação 1 e 2), foi o modelo cinético de primeira ordem, em que se considera que a taxa de desaparecimento do composto ativo é dependente da sua concentração (LABUZA, 1982; GERMER et al., 2014; CHEN et al., 2015; DAZA et al., 2016; SOUZA; GURAK; MACZAK, 2017; SOUZA et al., 2018). Os ajustes do modelo foram realizados com o auxílio do programa Microsoft Office Excel®.

$$C_t = C_0 - k_t \quad (4)$$

$$\ln \frac{C_t}{C_0} = -k_t \quad (5)$$

5.3.2 Resultados e discussão

5.3.2.1 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Por meio da microscopia eletrônica de varredura (MEV), verificaram-se as características morfológicas e estruturais dos agentes utilizados (Figura 12).

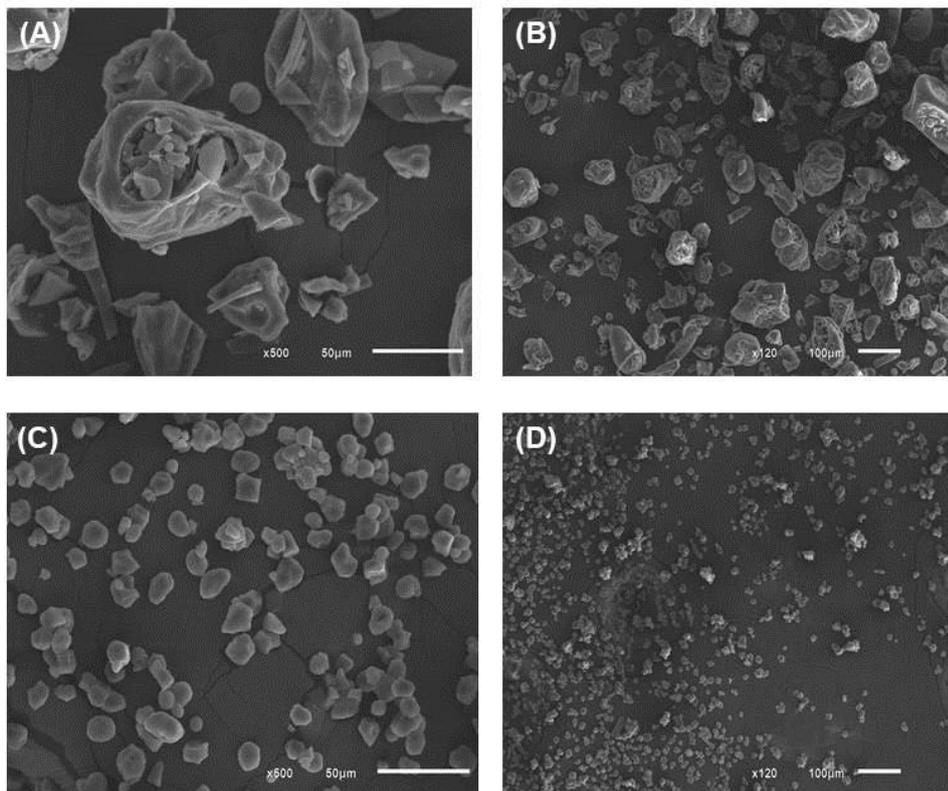


Figura 12- Fotomicrografias representativas dos agentes maltodextrina com aumento de 500x (A) e 120x (B) e Capsul® 500x (C) e 120x (D).

A maltodextrina (A e B) se apresentou mais rugosa e irregular quando comparado ao Capsul® (C e D) que apresentou forma esférica e uma superfície mais lisa, uniforme com partículas mais homogêneas.

As características morfológicas e estruturais dos pós de extrato aquoso de mamão com os agentes maltodextrina e Capsul® utilizando a secagem de leite em espuma estão ilustradas na Figura 13.

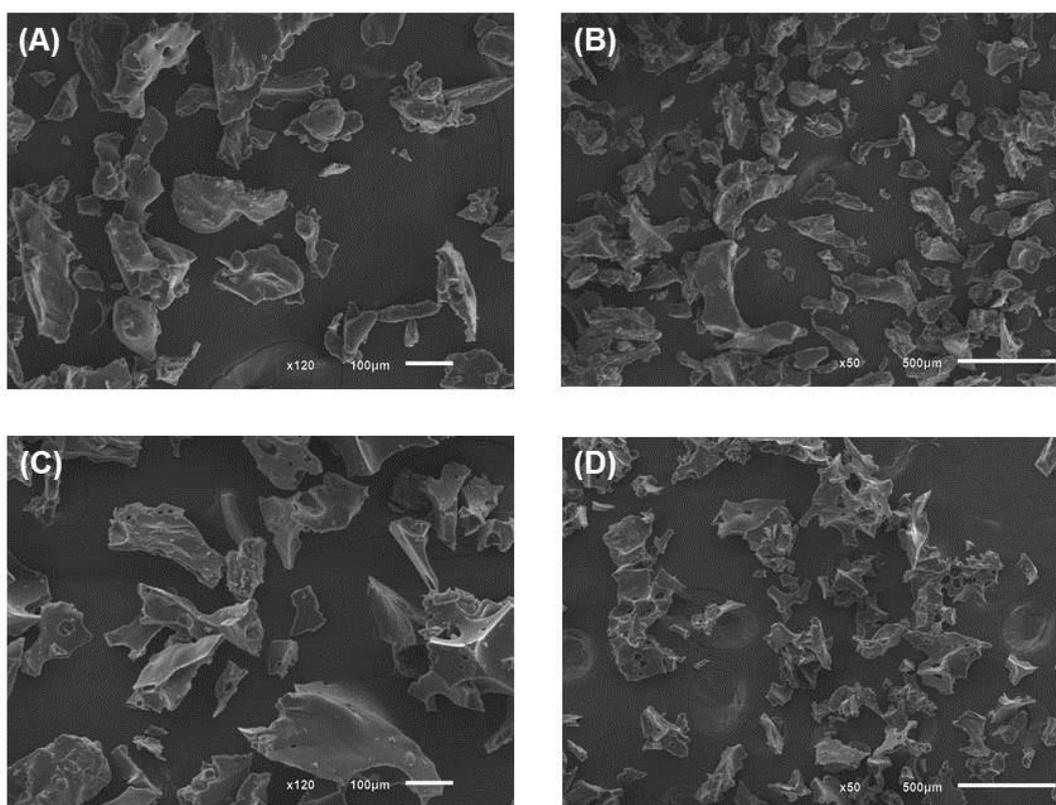


Figura 13- Fotomicrografias (MEV) do extrato aquoso de mamão seco por leite em espuma utilizando maltodextrina com aumento de 500x (A) e 120x (B) e Capsul® 500x (C) e 120x (D).

Na secagem por leite em espuma verifica-se que não existe uniformidade na forma e no tamanho das partículas para todas as amostras avaliadas. No entanto, por meio das fotomicrografias foi possível observar que as amostras apresentaram cavidades em sua estrutura, ambas as cavidades são oriundas, provavelmente, dos espaços deixados pelas bolhas de ar. As paredes das bolhas que formam as espumas são formadas por uma película líquida, neste caso a solução de

matodextrina ou Capsul®. Desta forma, a parede interna da cavidade está coberta por uma película constituída pelos agentes (PINTO, 2012).

As características morfológicas e estruturais dos pós de extrato aquoso de mamão com os agentes maltodextrina e Capsul® utilizando a secagem por liofilização estão ilustradas na Figura 14.

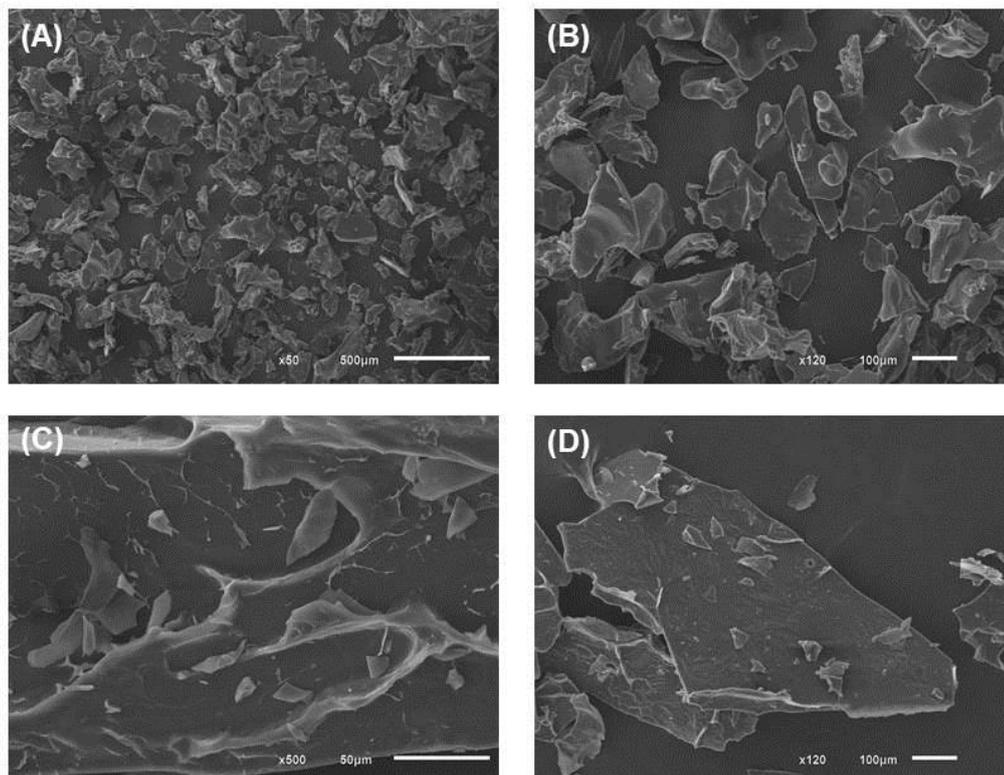


Figura 14- Fotomicrografias (MEV) do extrato aquoso de mamão seco por liofilização utilizando maltodextrina com aumento de 500x (A) e 120x (B) e Capsul® 500x (C) e 120x (D).

De acordo com a Figura 14, observa-se que as partículas apresentaram tamanhos variados não apresentando formatos bem definidos. A utilização de agentes amorfos e os espaços anteriormente ocupados pelo gelo podem colaborar com as irregularidades nas formas (ABDELWAHED; DEGOBERT; FESSI, 2006).

5.3.2.2 Atividade de água (A_w)

A influência de diferentes agentes nas partículas obtidas por leito em espuma na A_w é mostrada na Figura 15. No dia zero de armazenamento os pós utilizando

maltodextrina e Capsul® apresentaram A_w de 0,336 e 0,258, respectivamente. Após 60 dias de armazenamento os pós utilizando maltodextrina e Capsul® apresentaram A_w de 0,458 e 0,450, respectivamente. Foi observado que após o período de armazenamento de 60 dias, os pós para ambos os agentes apresentaram A_w semelhantes.

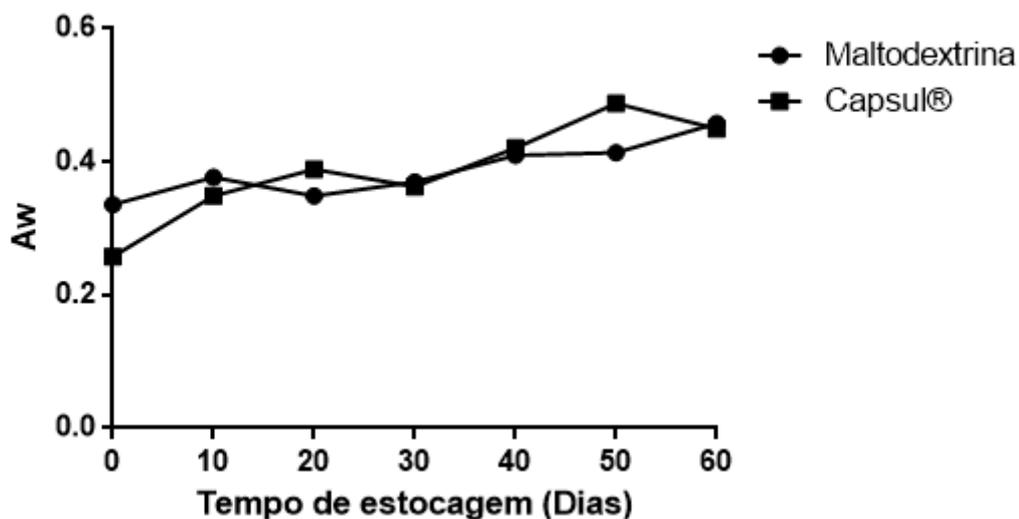


Figura 15- Valores médios de A_w das amostras obtidas por secagem em leito de espuma.

A A_w para as amostras obtidas por liofilização está representada na Figura 16. No dia zero de armazenamento os pós utilizando maltodextrina e Capsul® apresentaram A_w de 0,114 e 0,116, respectivamente. Após 60 dias de armazenamento os pós utilizando maltodextrina e Capsul® apresentaram A_w de 0,470 e 0,438, respectivamente. Foi observado que após o período de armazenamento os pós apresentaram A_w próximas.

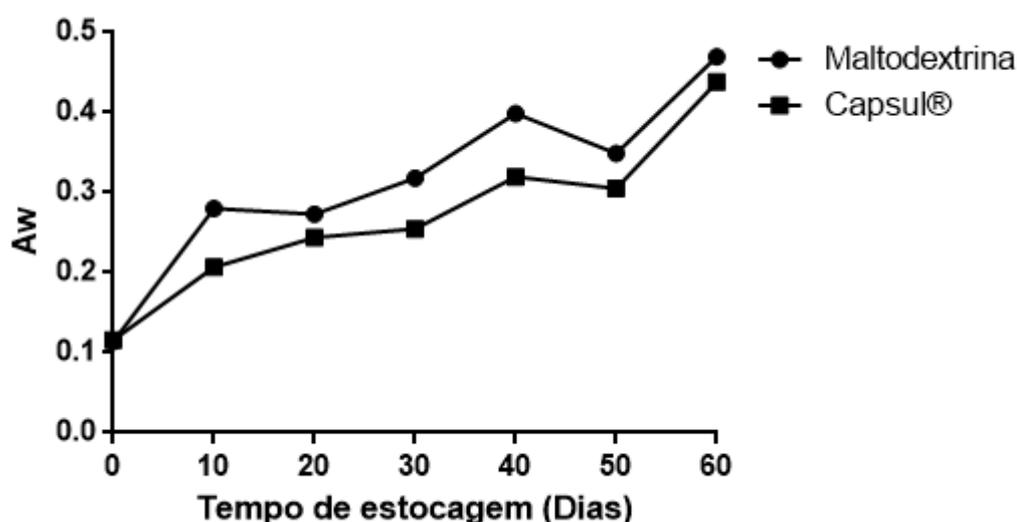


Figura 16- Valores médios de Aw das amostras obtidas por liofilização.

No tempo zero de armazenamento foi observado que os pós obtidos por leite em espuma apresentaram Aw superior aos obtidos por liofilização. Isso pode ser explicado pelo fato de que uma maior temperatura de secagem pode contribuir para uma maior aproximação das moléculas de maltodextrina ou Capsul® com outros constituintes, favorecendo interações fortes com redução de sítios disponíveis para ligação com água, acarretando maior atividade de água (PINTO, 2012).

Ao comparar Aw dos pós obtidos pelas diferentes técnicas, foi observado um ganho de Aw nas amostras liofilizadas. Conforme anteriormente relatado (Capítulo 1), as amostras obtidas por liofilização apresentaram maior higroscopicidade, o que acarreta a uma maior absorção de água (TONON; BRABET; RUBINGER 2008).

Em linhas gerais, pode-se observar que as Aw, para ambas as técnicas e agentes, foram baixas, com valores entre 0,438 e 0,470 após os 60 dias de armazenamento. Este fato contribui para conservação dos pós, por manter uma baixa atividade enzimática e não ocorrer crescimento de fungos filamentosos, leveduras e bactérias. Os menores valores de Aw para o desenvolvimento de bactérias, leveduras e bolores deteriorantes são 0,9; 0,80; e 0,70, respectivamente (JAY, 2006). Neste contexto, os pós se apresentaram microbiologicamente estáveis.

5.3.2.3 Cinética de degradação durante o armazenamento

A estabilidade dos parâmetros de cor L*, a* e b* presentes nos pós durante o armazenamento está descrita na Tabela 13, a constante de degradação (k) foi determinada por um modelo cinético de primeira ordem, com isso foi determinado o tempo de meia vida.

Tabela 13- Coordenadas de cor L*, a* e b* nos pós de extrato aquoso de mamão e parâmetros cinéticos após o armazenamento a 25 °C durante 60 dias

| Amostra | L* | | | |
|---------|--------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| | Média* ± DP | k (dias ⁻¹) | t _{1/2} (dias) | R ² |
| ML | 86,94 ± 1,30 | 0,0003 | 2310,4 | 0,585 |
| CL | 85,31 ± 0,91 | 0,0002 | 3465,7 | 0,606 |
| ME | 81,49 ± 0,57 | 0,0008 | 866,4 | 0,645 |
| CE | 80,37 ± 2,89 | 0,0003 | 2310,4 | 0,859 |
| | b* | | | |
| ML | 24,98 ± 0,77 | 0,004 | 157,5 | 0,939 |
| CL | 25,12 ± 0,45 | 0,002 | 239,0 | 0,726 |
| ME | 21,87 ± 0,90 | 0,005 | 135,9 | 0,870 |
| CE | 25,44 ± 0,76 | 0,007 | 147,4 | 0,891 |
| | a* | | | |
| ML | 10,62 ± 1,03 | 0,004 | 154,03 | 0,923 |
| CL | 9,13 ± 0,3 | 0,005 | 121,6 | 0,940 |
| ME | 11,76 ± 0,73 | 0,008 | 85,57 | 0,970 |
| CE | 11,51 ± 1,75 | 0,01 | 61,3 | 0,781 |

k- constante da reação, t_{1/2} – tempo de meia vida, *Média no tempo zero, DP- Desvio padrão, ML- Maltodextrina liofilizado, CL- Capsul® liofilizado, ME- Maltodextrina em leite de espuma, CE- Capsul® em leite de espuma.

A degradação das coordenadas de cor L*, a* e b* exibiu comportamento cinético de primeira ordem para todas as amostras. Menores valores de constante de degradação (k) foram observados nas amostras obtidas por liofilização e leite em espuma utilizando Capsul®, indicando que a degradação da coordenada de cor L* foi menor nestes pós. O tempo de meia vida foi alto quando comparado às outras coordenadas de cor (a* e b*), o que já era esperado, visto que o L* mede a luminosidade do pó.

Para coordenada de cor b* e a*, menores valores de taxa constante (k) foram observado nas amostras obtidas por liofilização, indicando que a degradação das coordenadas de cor a* e b* foram menores para estes pós.

Chen et al (2015) ao armazenar suco de mamão papaia a 4°C por 40 dias encontraram um tempo de meia vida em média de 107, 58,3 e 132,4 dias para as coordenadas de cor L*, b* e a* do suco de mamão.

Germer et al (2014) avaliaram a estabilidade de mamão papaia seco a 25°C por 100 dias, e obtiveram o tempo de meia vida para a coordenada de cor a* de 346 dias. Souza, Gurak e Maczak (2017) utilizaram maltodextrina para secar extrato de jabuticaba por liofilização e observaram o pó apresentou um tempo de meia vida de 226 dias para coordenada de cor a*.

A estabilidade dos carotenoides presentes nos pós durante o armazenamento está descrita na Tabela 14, a constante de degradação (k) foi determinada por um modelo cinético de primeira ordem, com isso foi determinado o tempo de meia vida.

Tabela 14- Conteúdo total de carotenoides nos pós de extrato aquoso de mamão e parâmetros cinéticos após o armazenamento a 25 °C durante 60 dias

| Amostra | Média* ± DP | Carotenoides | | |
|---------|------------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| | | k (dias ⁻¹) | t _{1/2} (dias) | R ² |
| ML | 1381,54 ± 230,14 | 0,028 | 24,10 | 0,911 |
| CL | 1929,18 ± 905,24 | 0,042 | 16,46 | 0,872 |
| ME | 1177,86 ± 15,51 | 0,016 | 42,26 | 0,939 |
| CE | 1076,47 ± 56,24 | 0,017 | 40,77 | 0,908 |

k- constante da reação, t_{1/2} - tempo de meia vida, *Média no tempo zero, DP- Desvio padrão, ML- Maltodextrina liofilizado, CL- Capsul® liofilizado, ME- Maltodextrina em leite de espuma, CE- Capsul® em leite de espuma. Carotenoides: (µg de β-criptoxantina/ 100 g).

A degradação dos carotenoides em todas as amostras exibiu um comportamento cinético de primeira ordem. Menores valores de constante de degradação (k) foram observado nas amostras obtidas por secagem em leite de espuma para ambos os agentes carreadores, indicando que a taxa de degradação dos carotenoides foi menor que a dos pós obtidos pela liofilização.

Chen et al (2015) ao armazenar suco de mamão papaia a 4°C por 40 dias encontraram um tempo de meia vida em média de 85,63 dias para os carotenoides presentes no suco. Foi observado que o tempo de meia vida foi superior ou do presente estudo, este fato pode ser explicado pelas diferentes temperaturas de armazenamento utilizadas.

Souza et al (2018) secaram tomate utilizando maltodextrina, proteína do soro e Capsul® e armazenaram os pós a 25°C durante 28 dias. Foi observado que os pós produzidos com maltodextrina e amido modificado conferiram maior proteção aos carotenoides durante o armazenamento, resultando em menores taxas de degradação. Porém o estudo não apresentou o tempo de meia vida dos carotenoides.

A estabilidade dos compostos fenólicos presente nos pós durante o armazenamento está descrita na Tabela 15, a constante de degradação (k) foi determinada por um modelo cinético de primeira ordem, com isso foi determinado o tempo de meia vida.

Tabela 15- Conteúdo total de compostos fenólicos nos pós de extrato aquoso de mamão e parâmetros cinéticos após o armazenamento a 25 °C durante 60 dias

| Amostra | Média* ± DP | Compostos fenólicos | | |
|---------|---------------|-------------------------|-------------------------|----------------|
| | | k (dias ⁻¹) | t _{1/2} (dias) | R ² |
| ML | 71,95 ± 5,31 | 0,006 | 110,0 | 0,646 |
| CL | 81,97 ± 5,84 | 0,006 | 105,0 | 0,751 |
| ME | 51,48 ± 10,51 | 0,003 | 231,0 | 0,768 |
| CE | 66,39 ± 5,62 | 0,007 | 90,0 | 0,881 |

k- constante da reação, t_{1/2} - tempo de meia vida, *Média no tempo zero, DP- Desvio padrão, ML- Maltodextrina liofilizado, CL- Capsul® liofilizado, ME- Maltodextrina em leite de espuma, CE- Capsul® em leite de espuma. Compostos fenólicos (mg AGE/100 g).

A degradação fenólica em todas as amostras exibiu um comportamento cinético de primeira ordem. Menor valor de taxa constante (k) foi observado na amostra obtida por secagem em leite de espuma utilizando maltodextrina como agente carreador, indicando que a taxa de degradação dos compostos fenólicos foi menor que a dos pós obtidos utilizando os demais tratamentos.

Chen et al (2015) ao armazenar suco de mamão papaia a 4°C por 40 dias encontraram um tempo de meia vida em média de 108 dias para os compostos fenólicos presentes no suco.

Daza et al (2016) ao secarem cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) em spray dryer utilizando inulina e goma guar observaram que após 120 dias a 25°C os pós obtiveram o tempo de meia vida dos compostos fenólicos de 214,6 dias para goma arábica e 139,85 para inulina.

Foi observado que o tempo de meia vida dos carotenoides quando comparado numericamente aos compostos fenólicos, se apresentou menor. Uma alternativa para minimizar a perda destes carotenoides, que são de grande importância, seria utilizar temperaturas de armazenamento mais baixas.

5.3.3 Conclusão

A secagem por leito em espuma resultou em um produto não homogêneo na forma e no tamanho das partículas para as amostras avaliadas. No entanto, por MEV, foi possível observar que as amostras utilizando Capsul® apresentaram aspectos semelhantes. Para os pós liofilizados observou-se que as partículas apresentaram tamanhos variados não apresentando formatos bem definidos.

As atividades de água, para ambas as técnicas e agentes, foram baixas, com valores entre 0,438 e 0,470 após os 60 dias de armazenamento. Este fato contribui para conservação dos pós, por manter uma baixa atividade enzimática e não ocorrer crescimento de fungos filamentosos, leveduras e bactérias, sendo considerados microbiologicamente estáveis.

O tempo de meia vida dos carotenoides quando comparado aos compostos fenólicos, se apresentou menor. Uma alternativa para minimizar a perda destes carotenoides, que são de grande importância, seria utilizar temperaturas de armazenamento mais baixas.

5.3.4 Referencias bibliográficas

ABDELWAHED, W.; DEGOBERT, G.; FESSI, H. Freeze-drying of nanocapsules: Impact of annealing on the drying process. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 324, p. 74-82, 2006.

ALMEIDA, F. T.; BERNARDO, S.; SOUSA, E. F.; MARIN, S. L. D.; GRIPPA, S. Growth and yield of papaya under irrigation. **Scientia Agrícola**, v. 60, n.3, p. 419-424, 2003.

BAUTISA, B. S.; SIVAKUMAR, D.; PÉREZ, A.; VILLANUEVA, A. R. HERNÁNDEZ, M. A review of the management alternatives for controlling fungi on papaya fruit during the postharvest supply chain. **Crop Protection**, v. 49, p. 8-20, 2013.

BLOOR, S. J. Overview of methods for analysis and identification of flavonoids. **Methods in Enzymology**, v. 335, p. 3-14, 2001.

BRAMLEY, P. M. Is lycopene beneficial to human health? **Phytochemistry**, v. 54, n. 3, p. 233–236, 2000.

CHEN, D. C.; PANG, X.; ZHAO, J.; GAO, L.; LIAO, X.; WU, J.; LI, Q.; Comparing the effects of high hydrostatic pressure and high temperature short time on papaya beverage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, 2015.

DAZA, D. L.; FUJITA, A.; FÁVARO-TRINDADE, S. C.; RODRIGUES-RACI, N. J.; GRANATO, D.; GENOVESE, I. M. Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. **Food and Bioproducts Processing**, v. 97, p. 20-29, 2016.

ESCOBEDO-AVELLANEDA, Z.; VELAZQUEZ, G.; TORRES, J. A.; WELTI-CHANES, J. Inclusion of the variability of model parameters on shelf-life estimations for low and intermediate moisture vegetables. **Lebensmittel wissenschaft und technologie**, v. 47, p. 364–370. 2012.

GERMER, S. P. M.; FERRARI, C. C.; JULIA P. LANCHI, J. P.; BERBARI, S. A. G.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M.; RUFFI, C. R. G. Influence of processing additives on the quality and stability of dried papaya obtained by osmotic dehydration and Conventional Air Drying. **Drying Technology**, v. 32, p. 1956–1969, 2014.

JAY, J. M. **Microbiología de alimentos**. Artmed, ed. 6, Porto Alegre, 2006.

KADAM, D. M., PATIL, R. T, KAUSHIK, P.; Foam mat drying of fruit and vegetable products. In **Handbook of Drying of Foods, Vegetables and Fruits**. Singapore: Jangam, Vol. 1, 2010, 111-124 p.

KANDASAMY, P.; VARADHARAJU, N.; KALEMULLAH, S.; MALADHI. Optimization of process parameters for foam-mat drying of papaya pulp. **Journal of food Sciencia technology**, v. 51, p. 2526-2534, 2014.

KHONSARN, N.; LAWAN, S. Level of Xanthophyll, Lutein and Zeaxanthin in Selected Thai Fruits Determined by HPLC. **International Proceedings of Chemical**, v. 39, p. 240-243, 2012.

LABUZA, T. P. **Shelf-life dating of foods**. **Food e Nutrition**, 1.ed., 1982.

MARIN, S. L. D.; Mamão Papaya – Produção, Pós colheita e Mercado. In: 11ª SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 2004, Ceará. Anais... Fortaleza: Instituto de desenvolvimento da fruticultura e agroindústria, p. 82, 2004.

MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T.; Freeze- drying characteristics of tropical fruits. **Drying Technology**, v. 24, p. 457-463, 2006.

PINTO, R. M. R. M. **Obtenção de extratos de carotenoides de polpa de pequi (Caryocar brasiliense Camb.) encapsulados pelo método de secagem em camada de espuma**. 2012. 86 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

RAJKUMAR, P., KAILAPPAN, R., VISWANATHAN, R., RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v.79, p. 1452-1459, 2007.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Press, 2001. 64 p.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic Phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158,1965.

SOUZA, A. L. R.; CHÁVEZ, D. W.; H.; PONTES, S. M.; GOMES, F. C.; CABRAL, F. S. G.; TONON, R. V. Microencapsulation by spray drying of a lycopene rich tomato concentrate: Characterization and stability. **Food Science and Technology**, v. 91, p. 286-292, 2018.

SOUZA, P. C. A.; GURAK, D. P.; MARCZAK, F.D. L. Maltodextrin, pectin and soy protein isolate as carrier agents in the encapsulation of anthocyanins-rich extract from jaboticaba pomace. **Food and Bioproducts Processing**, p. 186-194, 2017.

TAN, S. P.; STATHOPOULOS, C.; PARKS, S.; ROACH, P. Optimised Aqueous Extract of Phenolic Compounds from Bitter Melon with High Antioxidant Capacity. **Antioxidants (Basel)**, v. 3, n. 4, p. 814–829, 2014.

TONON, R. V.; BRABET, C.; RUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (Euterpe oleacea Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of food Engineering**, v. 88, p. 411-418, 2008.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A polpa do mamão papaia da variedade Aliança mostrou-se apta a ser utilizada em processamento e para consumo *in natura* pelas características físico-químicas analisadas. O extrato aquoso analisado apresentou compostos fenólicos, e uma boa capacidade antioxidante avaliada por dois métodos. Com isso, o extrato aquoso de mamão papaia foi considerado uma potencial fonte de antioxidantes naturais para a dieta humana.

São ainda escassos os estudos que avaliam armazenamento e cinética de degradação utilizando maltodextrina e Capsul® na secagem de mamão papaia, e no presente trabalho, o modelo de Page foi o que melhor se adequou aos dados experimentais na cinética de secagem em leito de espuma. Levando-se em consideração os fatores estudados (agentes carreadores e temperaturas) na secagem em leito de espuma, pela otimização simultânea das variáveis resposta recomendou-se a temperatura do ar de secagem de 60 °C e a utilização de maltodextrina como agente.

No estudo do leito em espuma para diferentes temperaturas e agentes, os agentes não se diferiram para as respostas parâmetro de cor a^* , higroscopicidade e carotenoides. Para compostos fenólicos e capacidade antioxidante (DPPH e ABTS) o Capsul® se apresentou melhor, sendo assim indicado como melhor agente utilizado na secagem por leito em espuma.

Com relação ao estudo comparativo das técnicas de secagem (liofilização e leito em espuma) e agentes carreadores (maltodextrina e Capsul®), para a secagem do extrato aquoso de mamão papaia recomenda-se o uso do agente maltodextrina, por não apresentar diferença significativa quando comparado ao Capsul® para as respostas ABTS, higroscopicidade, solubilidade e carotenoides, apresentar maior DPPH e menor A_w , além disso possui um baixo custo quando comparado ao Capsul®.

A secagem por leito em espuma resultou em um produto não homogêneo na forma e no tamanho das partículas para as amostras avaliadas. No entanto, por MEV, foi possível observar que as amostras utilizando Capsul® apresentaram aspectos semelhantes. Para os pós liofilizados observou-se que as partículas apresentaram tamanhos variados não apresentando formatos bem definidos.

As atividades de água, para ambas as técnicas e agentes, foram baixas após os 60 dias de armazenamento. Este fato contribui para conservação dos pós, por manter uma baixa atividade enzimática e não ocorrer crescimento de fungos filamentosos, leveduras e bactérias, sendo considerados microbiologicamente estáveis.

O tempo de meia vida dos carotenoides quando comparado aos compostos fenólicos, se apresentou menor. Uma alternativa para minimizar a perda destes carotenoides, que são de grande importância, seria utilizar temperaturas de armazenamento mais baixas.

Salienta-se que as escolhas dos agentes carreadores, temperaturas de secagem em leito de espuma e técnica indicada para a secagem do extrato aquoso de mamão papaia vão depender da característica final desejada dos pós e sua posterior aplicação. Por exemplo, caso se deseje um produto que mantenha ao máximo os carotenoides do mamão *in natura* e a capacidade antioxidante (ABTS) elevada, a técnica indicada seria a secagem em leito de espuma.