



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



DISSERTAÇÃO

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

**SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA E ARMAZENAMENTO DA POLPA MISTA DE ACEROLA COM
MELANCIA EM PÓ**

LEILIANE SILVA LOPES LIMA

**CAMPINA GRANDE - PB
AGOSTO-2017**

**SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA, CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-
QUÍMICA E ARMAZENAMENTO DA POLPA MISTA DE ACEROLA COM
MELANCIA EM PÓ**

LEILIANE SILVA LOPES LIMA

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

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

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

Campina Grande - PB

Agosto - 2017

*A Deus, pois tudo que vem Dele é bom!
A minha mãe Jaira (in memoriam) e a minha irmã (Leiza Jane).*

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

ABSTRACT

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - Objetivo geral

1.1.1 - Objetivos específicos

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Melancia

2.2 - Acerola

2.3 - Secagem de polpas de frutas

2.4 - Secagem em camada de espuma

2.5 - Aditivos

2.6 - Estado da arte

2.7 - Compostos Bioativos

2.7.1 - Vitamina C

2.7.2 - Compostos fenólicos totais

2.7.3 - Antocianinas

2.8 - Atividade de água (a_w)

2.8.1 - Isoterma de sorção

2.8.2 - Armazenamento

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Matérias-primas

3.2 - Processamento das frutas

3.3 - Caracterização química, física e físico-química das polpas de melancia, acerola e da polpa mista de acerola com melancia (1:1)

3.3.1 - pH

3.3.2 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

3.3.3 - Teor de água e sólidos totais

3.3.4 - Acidez total titulável

3.3.5 - Açúcares totais, redutores e não-redutores

3.3.6 - Cinzas

3.3.7 - Atividade de água

- 3.3.8 - Cor
- 3.3.9 - Densidade
- 3.3.10 - Ácido ascórbico
- 3.3.11 – Fenólicos totais
- 3.3.12 - Antocianinas
- 3.3.13 - Flavonoides

3.4 – Etapas do processamento para obtenção da polpa mista de acerola com melancia em pó

- 3.5 – Seleção da formulação
 - 3.5.1 - Densidade das espumas
 - 3.5.2 - *Over-run* (Expansão volumétrica)
 - 3.5.3 - Estabilidade da espuma

3.6 - Secagem

- 3.6.1 - Cinética de secagem

3.7 - Caracterização química, física e físico-química dos pós da Formulação

F4

- 3.7.1 - Densidade aparente (ρ_{ap})
- 3.7.2 - Densidade compactada (ρ_c)
- 3.7.3 - Densidade absoluta
- 3.7.4 - Fator de Hausner (FH)
- 3.7.5 - Índice de compressibilidade ou índice de Carr (IC)
- 3.7.6 - Tempo de escoamento e Ângulo de repouso (θ)
- 3.7.7 – Molhabilidade
- 3.7.8 - Higroscopicidade
- 3.7.9 - Solubilidade

3.8 - Seleção do melhor pó

3.9 - Isotermas de adsorção de água do pó selecionado

3.10 - Armazenamento do pó selecionado

3.11 - Análise estatística dos dados

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização química, física e físico-química das polpas de melancia, acerola e da polpa de frutas mista

4.2 - Seleção da formulação para secagem em camada de espuma

4.2.1 - Densidade da espuma

4.2.2 - *Over-run*

4.2.3 - Estabilidade

4.3 - Secagem em camada de espuma da Formulação F4

4.4 - Caracterização química, física e físico-química dos pós da Formulação F4

4.5 - Seleção do melhor pó

4.6 - Isotermas de adsorção de água do pó selecionado

4.7 - Armazenamento acelerado do pó selecionado

4.7.1 - Teor de água

4.7.2 - pH

4.7.3 - Acidez total titulável

4.7.4 - Atividade de água (a_w)

4.7.5 - Solubilidade

4.7.6 - Luminosidade (L^*)

4.7.7 - Intensidade do vermelho ($+a^*$)

4.7.8 – Intensidade de amarelo ($+b^*$)

4.7.9 - Antocianinas

5 - CONCLUSÕES

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APÊNDICE A

APÊNDICE B

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1** - Produção de Polpa de Fruta Congelada- COAPRODES/2011
- Figura 2.2** - Curvas típicas de secagem
- Figura 2.3** - Modelo esquemático da secagem por foam-mat
- Figura 2.4** - Estrutura química dos flavonóides
- Figura 2.5** - Estrutura da antocianina cianidina 3-glucosídeo
- Figura 2.6** - Taxas generalizadas de reações deterioração em alimentos em função da atividade de água
- Figura 2.7** - Isotermas de adsorção e dessorção de água (I – Monocamada molecular, II – Policamada molecular
- Figura 3.1** - Etapas do processamento da melancia. (A): Recepção; (B): Sanitização; (C): Separação da casca e da polpa;
- Figura 3.2** - Etapas do processamento da acerola, (A): Recepção; (B): Seleção; (C): Sanitização; (D): Polpas de acerola
- Figura 3.3** - Fluxograma das etapas realizadas para obtenção das polpas de melancia e e acerola
- Figura 3.4** - Fluxograma do processamento para obtenção das polpas mistas de acerola com melancia em pó
- Figura 4.1** - Valores médios da densidade (g/cm³) e do over-run (%) das espumas das diferentes formulações em função do tempo de batimento (min)
- Figura 4.2** - Volume de líquido drenado (mL) das diferentes formulações em função do tempo (min)
- Figura 4.3** - Curvas de cinética de secagem da Formulação F5 nas diferentes espessuras das camadas de espuma (0,5, 1,0 e 1,5 cm) e temperaturas de (a) 60 °C,
- Figura 4.4** - Isotermas de adsorção de água do pó selecionado nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C com ajustes pelos modelos de: a) GAB; b) Halsey; c) Oswin; e

LISTA DE TABELAS

- Tabela 2.1** - Composição química da melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.)
- Tabela 2.2** - Composição físico-química da melancia (Crimson sweet)
- Tabela 2.3** - Composição química da acerola (*Malpighia emarginata* DC.)
- Tabela 2.4** - Composição físico-química da acerola (*Malpighia emarginata* DC.)
- Tabela 3.1** - Concentração dos aditivos utilizados nas formulações testadas das polpas mistas
- Tabela 3.2** - Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem
- Tabela 3.3** - Modelos matemáticos ajustados aos dados das isotermas de adsorção de água
- Tabela 4.1** - Caracterização química, física e físico-química das polpas de acerola e melancia e da polpa mista de acerola com
- Tabela 4.2** - Valores médios da densidade (g/cm³) das diferentes formulações em função dos diferentes tempos de batimento
- Tabela 4.3** - Valores médios do over-run (%) das espumas das diferentes formulações em função do tempo de batimento
- Tabela 4.4** - Tempos de secagem da Formulação F4 em diferentes temperaturas e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.5** - Parâmetros dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado
- Tabela 4.6** - Parâmetros dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado
- Tabela 4.7** - Parâmetros dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado
- Tabela 4.8** - Valores médios do teor de água (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.9** - Valores médios do rendimento (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

- Tabela 4.10** - Valores médios do pH dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.11** - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessura
- Tabela 4.12** - Valores médios da atividade de água dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.13** - Valores médios das cinzas (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.14** - Valores médios da luminosidade (L*) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.15** - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada
- Tabela 4.16** - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.17** - Valores médios das proteínas dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.18** - Valores médios dos teores de ácido ascórbico (mg/100 g) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

- Tabela 4.19** - Valores médios dos açúcares redutores (% de glicose) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.20** - Valores médios dos açúcares totais (% de glicose) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.21** - Valores médios dos açúcares não redutores (% de sacarose) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.22** - Valores médios da densidade aparente (g/cm^3) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.23** - Valores médios da densidade compactada (g/cm^3) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.24** - Valores médios da densidade absoluta (g/cm^3) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.25** - Valores médios do Fator de Hausner (FH) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.26** - Valores médios do Índice de compressibilidade ou Índice de Carr (IC) (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem

- Tabela 4.27** - Valores médios do ângulo de repouso ($^{\circ}$) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.28** - Valores médios da molhabilidade (g/min) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.29** - Valores médios da higroscopicidade (g/100 g) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de e
- Tabela 4.30** - Valores médios da solubilidade (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.31** - Parâmetros dos modelos de Halsey, Oswin, GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção do pó selecionado nas temperaturas de 25, 30 e 35 $^{\circ}$ C
- Tabela 4.32** - Valores médios do teor de água (%) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)
- Tabela 4.33** - Valores médios do pH do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)
- Tabela 4.34** - Valores médios do Fator de Hausner (FH) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma
- Tabela 4.35** - Valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa

- Tabela 4.36** - Valores médios da atividade de água (a_w) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)
- Tabela 4.37** - Valores médios da solubilidade (%) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)
- Tabela 4.38** - Valores médios da luminosidade (L^*) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)
- Tabela 4.39** - Valores médios da intensidade do vermelho ($+a^*$) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)
- Tabela 4.40** - Valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)
- Tabela 4.41** - Valores médios das antocianinas (mg/100 g) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 oC) e umidade relativa média (83%)

RESUMO

A mistura de polpas de frutas tem a finalidade de melhorar as características nutricionais e sensoriais dos componentes consumidos isoladamente e os produtos em pó tem como principal função aumentar a vida útil dos produto in natura. Diante disso, este trabalho teve como objetivo a secagem em camada de espuma (*foam mat drying*) da polpa mista de acerola com melancia (1:1), com adição de aditivos com diferentes concentrações (Liga Neutra®, Emustab® e Pectina). Inicialmente foram realizados testes com diferentes Formulações (F1, F2, F3 e F4), em que foi definida a Formulação F4 (2% de Emustab, 2% de Liga Neutra e 1% de Pectina), com base nos parâmetros de expansão volumétrica, densidade e estabilidade, para ser a formulação a ser secada em camada de espuma nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e com espessuras da camada de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm. Foram analisadas as propriedades físicas, químicas, físico-químicas das polpas integrais e mista de acerola e melancia e dos pós produzidos. Selecionou-se o melhor pó com base nos valores do rendimento e acidez, e este foi acondicionado em embalagens laminadas e armazenado durante 40 dias, nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média aproximada de 83%, avaliando-se a cada 8 dias suas características químicas, físicas e físico-químicas (teor de água, pH, acidez total titulável, atividade de água, cor; solubilidade e antocianinas). A polpa mista de acerola com melancia (1:1) apresentou alto teor de água, ácido ascórbico, compostos fenólicos, e é um alimento ácido; Das curvas de cinética de secagem verificou-se que o aumento da temperatura de secagem (60, 70 e 80 °C) e a redução da espessura da camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm) promoveu uma maior transferência de calor e massa reduzindo o tempo para a formulação atingir o teor de água de equilíbrio; e todos os modelos ajustados (Page, Dois Termos, Henderson e Pabis, Lewis e Henderson e Pabis modificado) podem ser usados com boa precisão na estimativa das curvas de secagem da Formulação F4, com destaque para o modelo de Page. Os pós da Formulação F4 apresentaram altos teores de ácido ascórbico, baixa atividade de água e elevada acidez; Todos os modelos ajustados (Peleg, Halsey, GAB e Oswin) podem ser usados para estimar as isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, do pó selecionado (Formulação F4 secada a 80 °C com espessura da camada da espuma de 1,5 cm) por apresentaram $R^2 \geq 0,98$ e $P < 10\%$, e as isotermas foram classificadas como Tipo II (forma sigmoidal); Durante o armazenamento, nas temperaturas de 30 e 40 °C, do pó selecionado verificou-se que com o tempo de armazenamento houve aumento do teor de água, atividade de água e pH e redução da solubilidade, antocianinas totais, luminosidade e intensidade de amarelo

Palavras chave: *foam mat drying*, desidratação, armazenamento, isotermas de adsorção.

ABSTRACT

The mixture of fruit pulps has the purpose of improving the nutritional and sensorial characteristics of the components consumed in isolation and the powder products has as main function to increase the useful life of the product in natura. The objective of this work was to dry foam maturation of mixed acerola pulp with watermelon (1: 1), with the addition of additives with different concentrations (Neutral®, Emustab® and Pectin). Initially tests were carried out with different formulations (F1, F2, F3 and F4), in which Formulation F4 (2% Emustab, 2% Neutral Alloy and 1% Pectin) was defined based on the parameters of volumetric expansion, Density and stability to be the formulation to be dried in a foam layer at temperatures of 60, 70 and 80°C and with thicknesses of the foam layer of 0.5, 1.0 and 1.5 cm. The physical, chemical and physicochemical properties of the whole and mixed pulp of acerola and watermelon and of the powders produced were analyzed. The best powder was selected based on the values of yield and acidity, and this was packed in laminated containers and stored for 40 days at temperatures of 30 and 40 ° C and approximate average relative humidity of 83%, being evaluated each 8 days of chemical, physical and physicochemical characteristics (water content, pH, titratable total acidity, water activity, color, solubility and anthocyanins). The mixed pulp of acerola with watermelon (1: 1) showed high water content, ascorbic acid, phenolic compounds, and is an acidic food; From the drying kinetics curves it was found that the increase of the drying temperature (60, 70 and 80 ° C) and the reduction of the thickness of the foam layer (0.5, 1.0 and 1.5 cm) promoted a Greater heat transfer and mass reducing the time for the formulation to reach equilibrium water content; And all adjusted models (Page, Two Terms, Henderson and Pabis, Lewis and Henderson and Modified Pabis) can be used with good accuracy in estimating the drying curves of Formulation F4, especially the Page model. Formulation F4 powders presented high ascorbic acid content, low water activity and high acidity; All adjusted models (Peleg, Halsey, GAB and Oswin) can be used to estimate the water adsorption isotherms, at the temperatures of 25, 30 and 35 ° C, of the selected powder (Formulation F4 dried at 80 ° C with And the isotherms were classified as Type II (sigmoidal form); During the storage, at the temperatures of 30 and 40 °C, of the selected powder it was verified that with the storage time there was increase of the water content, water activity and pH and reduction of solubility, total anthocyanins, luminosity and intensity of yellow

Keywords: foam mat drying, dehydration, storage, adsorption isotherms.

1 - INTRODUÇÃO

As frutas tropicais formam grande diversidade de sabores e aromas, além de serem fontes naturais de compostos bioativos cujos efeitos benéficos para a saúde são cada vez mais estudados. Grande parte da produção destina-se a atender à demanda por frutas frescas, para consumo in natura, entretanto, grandes perdas pós-colheita sugerem que parte da produção poderia ser processada, minimizando as perdas com o desenvolvimento de novos produtos.

No segmento de sucos e néctares industrializados, um novo mercado está se expandindo, que é o da mistura mix ou blend de frutas, que constituem uma boa fonte de vitaminas e minerais, sendo que, na mistura, algumas possuem teor mais elevado de um ou de outro nutriente e com o desenvolvimento do mix ocorre uma compensação, produzindo sucos e néctares com alto valor nutritivo (MATSUURA e ROLIM, 2002).

Segundo Bonomo et al. (2006) a utilização de mix ou blend de sucos ou néctares de frutas visa a atender aos anseios da população em relação ao valor nutricional dos alimentos, já que a combinação de variadas frutas favorece o enriquecimento nutricional dos produtos elaborados a base desses produtos. Várias frutas podem ser utilizadas para compor uma mistura, originando outro produto, seja na forma in natura ou processada, podendo exercer a função de suprir alguma carência nutricional ou sensorial, que uma das frutas apresente.

A melancia (*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.) é uma cucurbitácea de grande importância econômica, sendo cultivada em todo o mundo, especialmente em países como China, Turquia, Irã, Estados Unidos e Brasil, onde se destacam os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Bahia e Goiás como os maiores produtores (AGRIANUAL, 2008). É uma fruta com boas quantidades de cálcio, fósforo, potássio, vitamina A e licopeno, com destaque ao conteúdo de licopeno, por ser equivalente ao teor do tomate (RODRIGUEZ-AMAYA e NIIZU, 2003) Essa substância na dieta humana é associada com prevenção de problemas cardíacos e certos cânceres, como o de próstata (GUNER; WEHNER, 2008).

A acerola é uma planta de clima tropical, porém adapta-se bem em regiões de clima subtropical. É uma excelente fonte de vitamina C, podendo apresentar em sua composição teores de até 4.000 mg/100 g, além de ser fonte razoável de pró-vitamina A, conter vitaminas do grupo B, como tiamina (B1), riboflavina (B2), piridoxina (B6) e niacina, ácido pantotênico, cálcio, ferro e magnésio (FOLEGATTI; MATSUURA, 2003). O Brasil, onde o cultivo se concentra nas regiões norte e nordeste, vem despontando como

exportador de acerola na forma de polpa, suco integral, néctar, fruta congelada e desidratada (VENDRAMINI; TRUGO, 2004; SOARES et al., 2001).

A desidratação é um importante método pós-colheita capaz de prolongar a vida útil e impedir a deterioração e perda do valor comercial de frutas e hortaliças (GURJÃO, 2006). Segundo MARQUES (2009), dentre os processos estudados para a produção de polpas de frutas em pó destaca-se a secagem em camada de espuma (*foam mat drying*), que tem como característica a rápida secagem de alimentos líquidos e pastosos como sucos, purês e polpas de frutas. Suas principais vantagens são o baixo custo, baixa temperatura de operação e tempo de processamento mais curto. Nesse processo o líquido é transformado em espuma pela adição de um agente espumante e a incorporação de ar por agitação. Também são adicionados agentes estabilizantes para manter a estabilidade da espuma durante a secagem. A espuma é distribuída em camadas finas sobre bandejas e levada ao secador, em temperaturas relativamente baixas (≤ 70 °C), sendo o produto desidratado e triturado, transformando-se em pó (KADAM et al., 2010). O mesmo pode ser reconstituído como suco ou adicionado a produtos alimentícios, com o intuito de dar sabor ou enriquecê-lo ou suprir alguma carência nutricional e/ou sensorial.

1.1 - Objetivo geral

Secagem em camada de espuma da polpa mista de acerola com melancia.

1.1.1 - Objetivos específicos

- Caracterizar as polpas integrais de acerola e melancia, e a polpa mista de acerola com melancia (1:1) quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos;
- Elaborar formulações compostas com a polpa mista da acerola com melancia (1:1) e com a incorporação de três aditivos comerciais (Emustab®, Liga Neutra® e pectina) em diferentes concentrações, e selecionar a melhor formulação;
- Secar em camada de espuma a formulação selecionada (F4) em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e com espessuras da camada de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm, para obtenção dos produtos em pó;

- Ajustar os modelos Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado aos dados experimentais das cinéticas de secagem em camada de espuma da formulação selecionada (F4);

- Caracterizar os pós da formulação selecionada (F4) quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos e com base nestes resultados selecionar a melhor temperatura de secagem e espessura da camada de espuma;

- Armazenar o pó selecionado (F4 - mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) com adição de 2% Emustab®, 2% Liga Neutra® e 1% pectina, secado a 80 °C com 1,5 cm de espessura da camada espuma), sob condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa controlada (83%);

- Determinar as isotermas de adsorção de água do pó selecionado nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Melancia

A melancia é originária das regiões secas da África tropical, tendo um centro de diversificação secundário no Sul da Ásia. A melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.) pertence à família *Cucurbitaceae*, espécie *Citrullus lanatus* e variedade *C. lanatus var. lanatus*, sendo bastante explorada em diversos países do mundo como China, Índia, Itália e Estados Unidos (MOHR, 1986).

De acordo com Marouelli et al. (2012), os novos sistemas de cultivo e irrigação foram essenciais para expansão da cultura, sendo este fato o grande marco para que o fruto pudesse ser cultivado durante todo o ano e em regiões onde a produção poderia ser prejudicada devido o baixo índice de chuvas. A irrigação é uma prática altamente vantajosa na produção de melancia, pois além de possibilitar incrementos de produtividade e obter frutos de melhor qualidade, o uso da irrigação viabiliza a produção na entressafra, quando os preços são mais atrativos ao produtor.

No Brasil a melancia é cultivada em várias regiões do território brasileiro, destacando-se nos Estados do Nordeste (Bahia, Pernambuco, Maranhão e Rio Grande do Norte); Sudeste (São Paulo), Sul (Santa Catarina e Rio Grande do Sul) e no Centro-Oeste (Goiás). A cultura da melancia teve impulso significativo a partir da década de 90, mostrando uma crescente evolução pela excelente adaptação, em virtude das condições favoráveis locais, propiciando cultivos praticamente o ano todo (MEDEIROS; HALFELD-VIEIRA, 2007).

De acordo com Castellane e Cortez (1995) e Mori (1996), os cultivares mais plantados no Brasil são de origem americana ou japonesa, destacando-se as variedades Crimson Sweet, Jubille e Pérola, sendo a variedade americana ‘Crimson Sweet’ a mais cultivada no Brasil. Essa variedade apresenta alta produtividade e teor de licopeno em torno de 4,1 mg/100g, com característica de casca verde-escura rajada, firme e resistente ao transporte, com um formato arredondado, com cerca de 30 a 40 cm de comprimento e 25 a 30 cm de diâmetro. Internamente apresenta uma polpa de coloração vermelha intensa com sementes miúdas, de excelente sabor e textura fina, com peso variando de 11 a 14 kg, podendo atingir de 20 a 22 kg.

Rocha (2010) relata que a melancia tem grande importância socioeconômica e nutricional e a cada ano é crescente sua produção, principalmente por pequenos

agricultores, pois é uma olerícola de fácil manejo e menor custo de produção quando comparada a outras hortaliças, constituindo-se como uma importante cultura para o Brasil pela demanda intensiva de mão de obra rural. Dias et al. (2011) afirma que, com relação aos padrões de consumo da melancia, o consumidor considera importante o tamanho e a forma do fruto, a cor da polpa, o teor de sólidos solúveis totais, a presença ou ausência de sementes e o preço.

A melancia é constituída por cerca de 90 % de água e apresenta baixo valor calórico (26 kcal/100g de fruto in natura), contém substâncias como açúcares, dos quais os principais são glicose, frutose, sacarose e maltose (MIRANDA, 2005). É rica em carotenóides, como o licopeno, β -caroteno e compostos fenólicos, como ácido hidroxicinâmico que são antioxidantes benéficos a saúde. Além disso, é fonte de vitamina C e excelente fonte de vitamina A, vitamina E e vitaminas do complexo B, principalmente B1 e B6, bem como sais minerais, designadamente potássio, magnésio, cálcio e ferro (AGUILÓ-AGUAYI et al, 2010; RAWSON et al.; 2011; TLILI et al.; 2011). As Tabelas 2.1 e 2.2 apresentam a composição média química e físico-química da melancia em 100 g de polpa.

Tabela 2.1 - Composição química da melancia (*Citrullus lanatus* Thunb.)

Componentes	Fonte		
	USDA (2001)	ALMEIDA (2003)	TACO (2011)
Água (%)	91,45	93	90,7
Proteínas (g)	0,61	0,5	0,9
Lipídeos totais (g)	0,5	-	-
Cinzas (g)	0,25	-	0,3
Carboidratos (g)	7,55	6,4	8,1
Fibra dietética total (g)	0,4	0,3	0,1
Cálcio (mg)	7	7	8
Fósforo (mg)	11	10	12
Ferro (mg)	0,24	0,5	0,2
Zinco (mg)	0,1	0,05	-
Cobre (mg)	0,042	-	-
Selênio (μ g)	0,4	-	-
Sódio (mg)	1	-	-

Magnésio (mg)	0,038	-	10
Potássio (mg)	112	100	104
Vitamina A (UI)	569	590	-
Vitamina B-6 (mg)	0,045	-	-
Vitamina E (µg)	0,05	-	-
Tiamina (mg)	0,033	0,03	-
Riboflavina (mg)	0,021	0,03	-
Niacina (mg)	0,178	-	-
β-Carotenoides (µg)	303	-	-
Licopeno (µg)	4,532	-	-
Ácido pantotênico (mg)	0,22	0,3	-
Folato alimentar (µg)	3	-	-
Ácido ascórbico (mg)	8,1	7	6,1
Valor energético (Kcal)	30	26	33

A cor avermelhada da polpa da melancia tem grande concentração de um poderoso antioxidante chamado licopeno, que neutraliza os radicais livres (substâncias nocivas ao corpo e os grandes responsáveis pelo envelhecimento da pele e aparecimento de diversos tipos de câncer), como mostra na Tabela 2.1 (USDA, 2001). Além disso, a melancia também contém quantidades moderadas de potássio, um mineral essencial para o bom funcionamento de todas as células do corpo, órgãos e tecidos. A Tabela 2.1 mostra as quantidades encontradas deste mineral segundo vários autores (USDA, 2001; ALMEIDA, 2003 e TACO, 211). Outro fitoquímico importante presente na melancia é chamado citrulina que é convertida em arginina, um aminoácido importante na entrega de nutrientes para o músculo (BERTOLUCCI, 2016).

Tabela 2.2 - Composição físico-química da melancia (*Crimson sweet*)

Constituinte	Fonte			
	MORE (1996)	NETO et al. (2000)	BARROS et al. (2012)	CHAVES et al. (2013)
pH	5,35	5,48	5,63	5,17
ATT (ác.cítrico)	14,6	2,5	1,51	0,08
SST (°Brix)	9,4	10,06	10,61	6,97
Açúcares redutores (% glicose)	4,66	5,12	-	-
Açúcares totais (% glicose)	6,73	6,64	6,37	-
Teor de água (%)	90,79	-	92,6	-
Cinzas (%)	0,30	-	-	-

O gosto adocicado da melancia vem da frutose, açúcar natural fonte de carboidrato que funciona no organismo como um estoque de energia, ajudando no ótimo funcionamento do cérebro, nervos, medula óssea e nos glóbulos vermelhos. Os autores citados na Tabela 2.2 quantificaram quantidades consideráveis de açúcares totais, variando de 6,37 a 6,73 % de glicose, afirmando o poder energético desta fruta (MORE, 1996; NETO et al., 2000; BARROS et al., 2012).

A melancia pode ser consumida de várias maneiras, seja ao natural, em forma de suco, espetinho de frutas, acrescentada na salada de frutas ou pode fazer parte de uma salada com folhas verdes e um molho de hortelã e nozes, por exemplo. Além disso, sua semente pode ser torrada e consumida como aperitivo. Além dos benefícios da melancia, as sementes da fruta também não devem ser desprezadas, pois apresentam propriedades nutricionais que fazem bem para a saúde, como a presença do zinco, mineral que ajuda a aumentar a imunidade do organismo e de ácidos graxos, que contribuem para o bom funcionamento do metabolismo regulando os hormônios (BERTOLUCCI, 2016).

2.2 - Acerola

A aceroleira é uma planta rústica e resistente, pertencente à família Malpighiaceae e ao gênero *Malpighia*, que se espalhou facilmente por várias áreas tropicais, subtropicais e até semiáridas. Esta família possui cerca de 63 gêneros e 850 espécies, das quais cerca de 30 espécies fazem parte do gênero *Malpighia* (LEAL et al., 1999; SOARES FILHO et al., 2003). Os nomes *Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* L. e *Malpighia emarginata*

D.C., são comumente utilizadas para designar a aceroleira. A aceroleira tal como é conhecida atualmente, corresponde à espécie *M. emarginata* D.C., conforme Comitê Internacional de Recursos Genéticos de Plantas (ALVES; MENEZES, 1995; SOARES FILHO et al., 2003).

O Brasil é um dos três maiores produtores mundiais de frutas com cerca de 39 milhões de toneladas por ano (FAO, 2010), exportando pouco mais de 1% da sua produção in natura, ocupando o 20º lugar entre os países exportadores segundo dados do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) (SOUZA et al., 2006).

Existem plantios comerciais em praticamente todos os estados brasileiros, contudo, é na região nordestina, por suas condições de solo e clima, onde a acerola melhor se adapta e com produção o ano todo (FREITAS et al., 2006). Os estados com maior destaque para ocorrência da acerola são a Bahia, Ceará e Paraíba. Na região do Submédio do São Francisco, há cerca de mil hectares ocupados com essa cultura, segundo a Embrapa Semi-Árido e segundo o Anuário (2005) e a Embrapa (2010), a produtividade média em áreas não irrigadas está em torno de 10 a 15 t/ha/ano, podendo aumentar com o uso de irrigação, especialmente em regiões com déficit hídrico acentuado.

A acerola ganhou destaque devido à presença de elevados teores de ácido ascórbico, como relatado por vários autores: Gonzaga Neto et al. (1999); Gomes et al. (2000); Aguiar (2001); Pimentel et al. (2001); Soares et al. (2001); Lima et al. (2002); Moura et al. (2002); Nunes et al. (2002); Santos et al. (2002). Este teor chega a ser cem vezes superior ao da laranja ou dez vezes ao da goiaba, frutas com alto conteúdo dessa vitamina (EMBRAPA, 2011).

A cor vermelha atrativa da fruta é devido às antocianinas presentes na casca. A acerola também é fonte de carotenóides e compostos fenólicos, que participam como antioxidantes no sistema biológico (PRADO, 2009). Segundo VENDRAMINI; TRUGO (2004) a composição química e a distribuição de componentes do aroma dependem das espécies, condições ambientais e também, do estágio de maturação da fruta. O teor de vitamina C e outras características atribuídas a qualidade da acerola, tais como coloração, peso e tamanho dos frutos, teor de sólidos solúveis e pH do suco, além de serem afetadas pela desuniformidade genética dos pomares, sofrem influencia de vários outros fatores, como precipitações pluviais, temperatura, altitude, adubação, irrigação e a ocorrência de pragas e doenças (NOGUEIRA et al., 2002). As Tabelas 2.3 e 2.4 apresentam a composição média química e físico-química da acerola em 100 g de polpa.

Tabela 2.3 - Composição química da acerola (*Malpighia emarginata* DC.)

Componentes	Fonte		
	BRASIL (1998) (Ingestão Diária Aceitável)	USDA (2003)	TACO (2011)
Água (%)	-	91,41	90,5
Proteínas (g)	50	0,4	0,9
Lipídeos totais (g)	-	0,3	0,2
Cinzas (g)	-	0,2	0,4
Carboidratos (g)	-	7,69	8
Fibra dietética total (g)	-	1,1	1,5
Cálcio (mg)	800	12	13
Fósforo (mg)	800	11	9
Ferro (mg)	14	0,2	0,2
Zinco (mg)	15	0,1	0,1
Cobre (mg)	3	0,086	-
Selênio (µg)	70	0,6	-
Sódio (mg)	-	7	-
Magnésio (mg)	300	18	13
Potássio (mg)	-	146	165
Vitamina A (UI)	2.666,67	767	-
Vitamina B-6 (mg)	2	0,09	-
Vitamina E (µg)	-	-	-
Tiamina (mg)	1,4	0,02	-
Riboflavina (mg)	1,6	0,06	0,04
Niacina (mg)	18	0,4	1,38
β-Carotenoides (µg)	-	-	-
Licopeno (µg)	-	-	-
Ácido pantotênico (mg)	6	0,309	-
Folato alimentar (µg)	200	14	-
Ácido Ascórbico (mg)	60	1677,6	941,4
Valor energético (Kcal)	-	32	33

A Tabela 2.3 mostra a composição nutricional de acerolas in natura da acerola e das quantidades da IDR (Ingestão diária aceitável) (BRASIL, 1998). Verifica-se que a acerola in natura possui excelentes fontes de vitamina C e da vitamina A, além de conter quantidades consideráveis de Tiamina, Riboflavina, Niacina, Ácido pantotênico, Cálcio, Ferro, Magnésio e Potássio. A vitamina C, o β-caroteno e outros carotenóides agem como antioxidantes no organismo humano (SIZER & WHITNEY, 2003). A acerola é pobre em proteínas e lipídeos, como a maioria das frutas, os constituintes presentes em maior

quantidade na polpa são a água (aproximadamente 90%) e os carboidratos (FOLEGATTI; MATSUURA, 2003).

Tabela 2.4 - Composição físico-química da acerola (*Malpighia emarginata* DC)

Constituinte	Fonte			
	BRASIL (2000)	CHAVES et al. (2004)	LIMA (2010)	OLIVEIRA (2014)
pH	2,8	3,25	3,21	3,51
ATT	0,8	1,44	1,21	1,08
SST (°Brix)	5,5	6,57	7,7	5,3
Sólidos totais (g/100g)	6,5	-	-	-
Açúcares redutores (% glicose)	-	2,87	4,47	-
Açúcares totais (% glicose)	4	3,62	4,68	1,8
Teor de água (%)	-	94,75	-	-
Cinzas (%)	-	0,43	-	-
Proteínas (%)	-	-	-	-
Ácido ascórbico (mg/100g)	800	98,65	1008,33	-
Antocianinas (mg/100g)	-	-	13,73	7,15
Carotenóides totais (mg/100g)	-	-	1,53	-
Atividade antioxidante total (µM Trolox/g)	-	-	59,84	-
Polifenóis totais (mg ác.gálico/100g)	-	-	1272,55	-

A Tabela 2.4 mostra as características físico-químicas da acerola de acordo com vários autores. Destaca-se o alto teor de ácido ascórbico e das antocianinas, fazendo deste fruto como um dos principais no campo dos funcionais, pela habilidade desses compostos em capturar radicais livres no organismo humano (MESQUITA e VIGOA, 2000). De acordo com Brasil (2000), a polpa de acerola deve ser composta de pH mínimo de 2,80, de ácido ascórbico igual ou maior que 800 mg/100 mg de polpa e acidez total em ácido cítrico de no mínimo 0,80 g/100 g da amostra.

Outro destaque para acerola é a elevada quantidade dos compostos fenólicos, os quais, segundo alguns autores, são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos (HEIM et al., 2002). Na tabela acima se verifica elevadas quantidades de polifenóis totais, segundo Lima (2010). Sun et al. (2002) demonstraram que a contribuição da vitamina C na determinação da atividade antioxidante de onze frutos é baixa e afirmaram que a maior contribuição para a atividade antioxidante total de frutos se deve à composição de compostos fitoquímicos.

Os sólidos solúveis totais têm sido utilizados como índice de maturidade para alguns frutos e indicam a quantidade de sólidos que se encontram dissolvidos no suco, sendo constituído em sua maior parte de açúcares. Na acerola, podem-se encontrar valores de até no máximo 12 °Brix, sendo a média em torno de 7 a 9 °Brix (ALVES, 1996).

No geral, a acerola ganha atenção também devido o seu sabor e aroma agradáveis e a sua grande capacidade de aproveitamento industrial, que viabiliza a elaboração de vários produtos, como polpas, doces, geleias, sucos ou néctares, sorvetes e etc.

2.3 - Secagem de polpas de frutas

O mercado de polpa de frutas congeladas é diversificado, abrangendo diversos segmentos, tanto nos restaurantes, lanchonetes e supermercados como nas indústrias de laticínios, sucos, sorvetes e etc. As polpas de frutas vêm a ser uma opção saudável, pois oferece grandes quantidades de diversos nutrientes e viável, pois além de possuir preços acessíveis, ainda resolve a questão da sazonalidade, devido o fato da época de safra de cada fruta. Segundo Bueno (2002), a polpa de fruta tem grande importância como matéria-prima, podendo ser produzida nas épocas de safra, armazenadas e processadas nos períodos mais propícios ou segundo a demanda do mercado consumidor, como doces em massa, geleias, gelados comestíveis, néctares entre outros. Por serem altamente perecíveis, as frutas deterioram em poucos dias e têm sua comercialização in natura dificultada a grandes distâncias, desta forma, a produção de polpas de frutas congeladas se tornou um meio favorável para o aproveitamento integral das frutas.

Uma pesquisa feita no Brejo Paraibano numa Cooperativa local (COAPRODES-Cooperativa Regional dos Produtores Rurais) localizada no município de Bananeiras, sobre a evolução da produção de polpa de fruta entre os anos de 2011 a 2012, apontou um crescimento significativo em relação à produção de polpa de fruta congelada conforme ilustra a Figura 2.1 abaixo (COSTA et al., 2013).

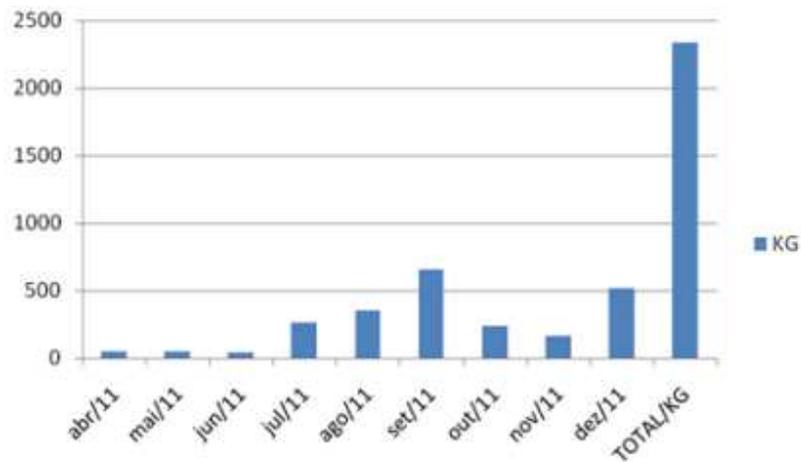


Figura 2.1 - Produção de Polpa de Fruta Congelada- COAPRODES/2011 (Fonte: COSTA et al., 2013)

Segundo Nascente (2005), pesquisador da Embrapa/Rondônia, o Brasil atualmente é o terceiro maior produtor mundial de frutas, alcançando a marca de 39 milhões de toneladas por ano, contribuindo com 10% da produção mundial. A fruticultura hoje é um dos segmentos mais importantes do agronegócio brasileiro, respondendo por 25% do valor da produção agrícola nacional, sendo o Nordeste a região mais expressiva neste aspecto.

De acordo com Evangelista & Vieites (2006), a produção de polpas é uma atividade agroindustrial importante na medida em que agrega valor econômico à fruta, evitando desperdícios e minimizando as perdas que podem ocorrer durante a comercialização do produto in natura, devido a alta perecibilidade, além de permitir estender sua vida útil com manutenção da qualidade com o uso de tecnologias viáveis, como a secagem de produtos.

Muitos avanços têm sido observados no desenvolvimento de tecnologias aplicáveis às indústrias de alimentos e particularmente na área de desidratação ou secagem. A secagem consiste em remoção da água do alimento geralmente por meio de seu aquecimento. A água retirada no processo de secagem é geralmente levada pelo ar ou gás quente onde a capacidade desses gases para retirar a água é função da temperatura e umidade do mesmo. Em alguns casos a secagem é parte essencial do processo de fabricação de alguns produtos (BATISTA, 2008).

Segundo Fellows (2006) na secagem ocorre a transferência de calor, através da vaporização do líquido, e transferência de massa do líquido ou vapor presente no interior do material para atmosfera na forma de vapor. Rahman (2007) e Pereira (2009) explicaram que o controle depende das condições internas de transferência de massa, das

características do material ou das condições externas, tais como da velocidade e temperatura do ar de secagem.

Entretanto, o fenômeno da secagem não pode ser generalizado, pois os materiais biológicos apresentam características próprias e propriedades do alimento que podem sofrer importantes alterações durante a secagem, onde as características específicas de cada produto, associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. No entanto, vale ressaltar, de acordo com Park et al. (2001), que a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é um fenômeno comum a qualquer condição de secagem. Na Figura 2.2 segue a ilustração do processo de secagem baseado na transferência de calor e de massa dividido em três períodos.

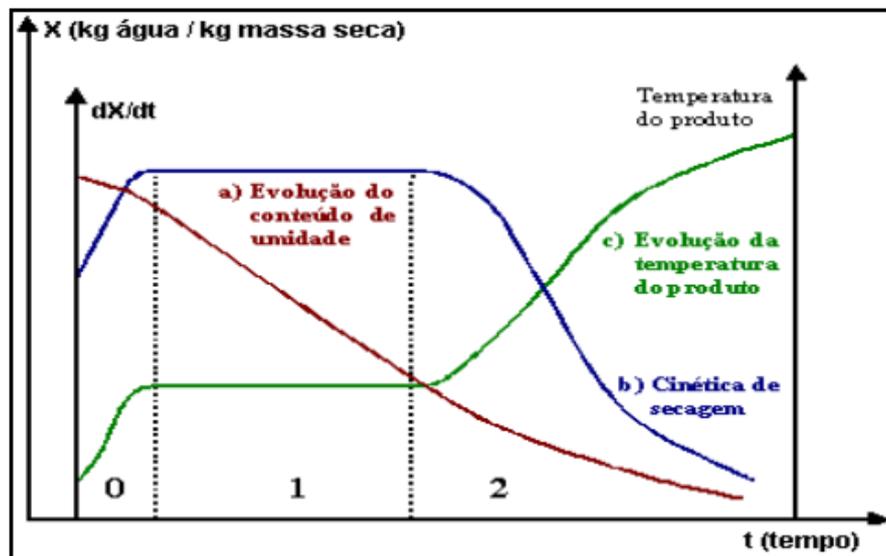


Figura 2.2 - Curvas típicas de secagem (Fonte: PARK et al., 2001)

A curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante a secagem, conteúdo de umidade do produto em base seca (X), em relação à evolução do tempo de secagem (t), ou seja, é a curva obtida pesando-se o produto durante a secagem numa determinada condição de secagem. A curva (b) representa a velocidade (taxa) de secagem do produto, variação do conteúdo de umidade do produto por tempo, dX/dt , em relação à evolução do tempo (t), em outras palavras, é a curva obtida diferenciando a curva (a). A curva (c) representa a variação da temperatura do produto durante a secagem (variação da temperatura do produto (T) em relação à evolução do tempo t), ou seja, é a curva obtida medindo a temperatura do produto durante a secagem (PARK et al., 2001).

2.4 - Secagem em camada de espuma

Entre os processos estudados para a produção de polpas de frutas em pó destaca-se a desidratação em camada de espuma que tem como característica a rápida secagem de alimentos líquidos e pastosos como sucos, purê e polpas de frutas (MARQUES, 2009).

O método de secagem em camada de espuma foi desenvolvido por Morgan e sua equipe em 1959, onde os alimentos líquidos poderiam ser convertidos em pó utilizando agentes emulsificantes, podendo ser aplicada em alimentos sensíveis ao calor tais como sucos, purês ou polpas de frutas (MARQUES, 2009).

A desidratação em camada de espuma (*foam-mat dring*) consiste em um processo de conservação, onde o material líquido ou semi-líquido é transformado numa espuma estável, através de batidura e incorporação de ar ou outro gás, que é submetido à secagem com ar aquecido, até o ponto em que impeça o crescimento de microrganismos, reações químicas e/ou enzimáticas. Este processo consiste, basicamente, de três etapas: transformação do suco ou da polpa em espuma estável, com aditivos; desidratação do material em camada fina até massa constante; desintegração da massa seca e finalmente, em pó (SILVA et al., 2005). Embora seja um processo tido como simples de executar, vale ressaltar que alguns fatores influenciam na estabilidade e formação da espuma, como teores de sólidos solúveis e insolúveis presentes no material, a natureza química da fruta, do agente emulsionante e a natureza e concentração do agente estabilizante, afirma Bates (1964), sendo de fundamental importância também de fundamental importância observação da densidade da espuma obtida, cujo valor mínimo deve ser de $0,1 \text{ g/cm}^3$ e o máximo compreendido entre $0,5 \text{ g/cm}^3$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$ (VAN ARSDEL e COPLEY, 1964).

Segundo Karim e Wai (1999) essa técnica de secagem requer menores temperaturas de desidratação e menor tempo de secagem. Um material líquido possui maior densidade que o mesmo material na forma de espuma, pois quando o líquido é transformado em espuma, há um aumento do volume do material, diminuindo a densidade, aumentando a área superficial exposta ao ar, assim acelerando o processo de evaporação da água, sendo esse fator responsável pelo reduzido tempo de secagem, dessa forma, a secagem de um material como espuma é mais rápida do que um material não espumado. A ilustração apresentada abaixo na Figura 2.3 mostra um modelo esquemático do mecanismo de secagem pelo processo *foam-mat*. A figura ilustrativa traz a formação da espuma, a qual se caracteriza por sua grande superfície podendo ser estendida em camada delgada. Quando

exposta a corrente de ar quente, a espuma seca facilmente devido ao movimento da umidade pelas forças capilares, através da película líquida que separa as bolhas da espuma.

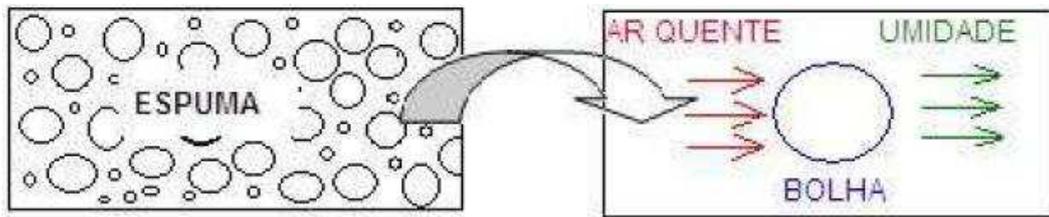


Figura 2.3 - Modelo esquemático da secagem por *foam-mat* (Fonte: DANTAS, 2010)

Uma das vantagens que esta técnica possibilita ao produto é a possibilidade da manutenção do material em temperatura ambiente, sem despesas inerentes à conservação a frio. A polpa processada na forma de pó apresenta fácil reconstituição em água, possibilidade de formulação com outros produtos e baixa relação volume/massa, com consequente economia em custos de embalagem e espaço de armazenamento (VIEIRA et al., 2007). Outra vantagem é que o produto obtido pelo processo *foam-mat* tem qualidade comparada ao obtido pela secagem a vácuo ou por liofilização, tendo como vantagens o baixo custo de processamento aliado a boa retenção do aroma e sabor e facilidade de reconstituição em água. Além disso, o processo pode ser realizado em equipamentos diversos, simples, contínuos ou descontínuos, podendo ser utilizado gás inerte quando necessário (APENBURG, 1971).

Como uma desvantagem em relação a outros meios de secagem de líquidos, a necessidade de grande área de superfície de secagem para que consiga atender a elevadas taxas de produção, o que pode elevar o custo de investimento (FRANCIS, 2000). Contudo, este método de secagem representa uma alternativa para as micro e pequenas empresas, por ser uma técnica relativamente barata e simples e o produto obtido pelo processo tem qualidade comparável ao obtido a outros métodos de secagem para alimentos líquidos, como a secagem por aspersão, secagem com tambor rotativo e liofilização (MARQUES, 2009).

2.5 - Aditivos

As espumas são utilizadas para proporcionar textura, consistência e aparência em diferentes tipos de produtos alimentícios (ARRIAGA-ORIHUELA et al., 2003). Pernell et

al. (2002) definem as espumas sólidas como materiais plásticos ou elásticos no qual seu comportamento reológico depende principalmente das propriedades físicas da fase sólida e da densidade do material e as espumas líquidas são mais difíceis de caracterizar, em geral constituem de uma fase de ar descontínua que se dispersa em uma fase contínua de líquido, essas são instáveis requerendo o uso de agentes espumantes e estabilizantes para manter a estabilidade mediante a redução da tensão superficial.

Segundo Gava et al. (2008), os espessantes são substâncias que aumentam a viscosidade de um alimento, que podem se apresentar como soluções, emulsões e suspensões. Por possuírem peso molecular elevado, irão aumentar a consistência dos alimentos. As propriedades espumantes abrangem a capacidade de formação de uma dispersão ar em água, que se deve à expansão do volume da dispersão promovida por um emulsificante, com incorporação de ar através das técnicas de batimento, agitação ou aeração (CAPITANI, 2004).

Segundo a legislação vigente (Portaria nº 540 de 1997), emulsionante/emulsificante é a substância que torna possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento (BRAZIL, 1997). A adição de emulsificantes em alimentos promove a estabilização de emulsões, que é uma das principais características, controla a aglomeração de glóbulos de gordura e estabilizando sistemas aerados (SACRAMENTO; BARRETTO; FARIA, 2008).

Todos os emulsificantes apresentam como característica em comum o fato de serem moléculas anfifílicas, ou seja, que apresentam uma porção polar (conhecida como cabeça) solúvel em água, e uma porção apolar (cauda), solúvel em óleos e gorduras. Assim sendo, tais substâncias promovem a interação entre fase polar e apolar, facilitando a formação da emulsão (ADITIVOS; INGREDIENTES, 2011).

A Super Liga Neutra é um produto à base de sacarose e dos espessantes, carboximetil-celulose e goma guar muito utilizado como estabilizante na indústria de sovres, panificação e produtos de confeitaria. Atua como estabilizante nos alimentos absorvendo e fixando a água livre, retardando a viscosidade, melhorando a textura, conferindo cremosidade e evitando o rápido derretimento (GURGEL, 2014).

O Emustab, marca comercial sob registro de patente, é produzido com monoglicérides de ácidos graxos destilados, (tensoativo, agentes de aeração estabilizador de cristalização), monoestearato de sorbitina (estabilizante) e 21 polioxietileno de monoestearato de sorbitina (tensoativo) e apresenta o sorbato de potássio como conservante. Possui baixo custo e tem apresentado bons resultados como emulsificante

(GURGEL, 2014). Segundo o Fabricante (DUAS RODAS, 2016), no Brasil, é praticamente sinônimo de emulsificantes sendo muito usado na indústria de sorvetes para proporcionar maior emulsão e homogeneização na calda base do sorvete, dando ao produto final cremosidade, estabilidade no armazenamento e melhor rendimento.

A pectina refere-se a família de oligossacarídeos e polissacarídeos, com características comuns, porém, com estruturas diversificadas. No setor industrial, os polissacarídeos pécticos promovem aumento de viscosidade e funcionam como coloide estabilizante e protetor em alimentos e bebidas, com aplicação em doces e geleias, preparações de frutas para iogurtes, bebidas e sucos de frutas concentrados, sobremesas de frutas e leite, produtos lácteos gelificados, produtos de confeitaria e produtos lácteos acidificados diretamente ou fermentados (VORAGEN et al., 2009). O valor global de esterificação é um importante fator de influência sobre a geleificação, associado com outras variáveis interdependentes, como a massa molar, heterogeneidade, pH, grau de amidação, presença de açúcares e outros solutos (WILLATS, 2006; BEMILLER, 1986).

2.6 - Estado da arte

Bastos (2005) realizou a desidratação de manga Tommy Atkins por processo em camada de espuma nas temperaturas de 70 e 85°C, e testou os emulsificantes carboxil-metil celulose, Tween 60, goma xantana e clara de ovos sendo que o tween 60 apresentou uma melhor estabilidade. Posteriormente foram realizadas análises químicas e físico-químicas na polpa *in natura* e desidratada, obtendo-se uma melhor aceitabilidade da polpa seca a 70°C, na análise sensorial.

Pinto (2009) utilizou os aditivos albumina, Emustab®, maltodextrina e Superliga® na caracterização da espuma de Jenipapo, para secagem em leito de espuma e concluiu que o Emustab® foi o aditivo que, nas concentrações usadas, apresentou-se como o melhor para uma posterior secagem. Foi observado neste trabalho as variações no pH, acidez, densidade, e outras propriedades da espuma, em função do aditivo usado e de sua concentração.

Baptestini et al. (2015) utilizou a albumina como aditivo na concentração de 7,43% para secagem em espuma de graviola em diferentes condições de ar e camada fina de cerca de 5,0 mm de espessura com temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C. Os autores concluíram que com o aumento da temperatura do ar ocorreu redução no tempo de secagem das espumas de graviola. Observaram também que o modelo para determinar o binômio teor de

água crítico e tempo crítico proposto ajustou-se bem aos dados experimentais da secagem de espuma de graviola e que houve acréscimo no coeficiente de difusão efetiva com a elevação da temperatura de secagem e energia de ativação.

Falade et al. (2003) estudaram a secagem em leito de espuma de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) em leito de espuma, usando como agentes espumantes monoesterato de glicerol e albumina de ovo. Observaram que a densidade da espuma decresceu com o aumento da concentração dos agentes espumantes e que os sólidos totais decresceram. A análise sensorial mostrou diferenças no sabor, em função da concentração dos aditivos.

Alexandre et al. (2014) estudou o armazenamento de pitanga em pó, produzida por meio de secagem em camada de espuma a 70°C acondicionada em embalagem flexível multifoldada, sendo avaliada a estabilidade do pó por meio do acompanhamento a cada 10 dias do teor de umidade, ácido ascórbico, pH, acidez total titulável, açúcares redutores, açúcares não redutores, açúcares totais e dos parâmetros de cor (luminosidade, intensidade de vermelho e amarelo). Os resultados indicaram que o pó sofreu alterações na maioria das propriedades avaliadas, mas os teores de ácido ascórbico, umidade, acidez total titulável e açúcares totais pouco variaram ao longo dos 60 dias.

Madureira et al. (2011) estudaram a cinética de secagem da polpa de figo-da-índia nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C e camada de espuma 0,5cm, utilizando amido modificado como adjuvante de secagem, o qual foi adicionado à polpa nas proporções de 20, 25 e 30% (p/p). Foi observado que as amostras de polpa de figo-da-índia secaram em tempos inversamente proporcionais, mas sem proporcionalidade com o teor de amido modificado adicionado e que os modelos matemáticos ajustaram bem aos dados experimentais das secagens.

Melo et al. (2013), estudou a secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru, com a adição de 2% de albumina e 2% de Super Liga Neutra® como aditivos nas temperaturas 70, 80, e 90 °C, com três diferentes espessuras de camada de espuma. Conclui-se que as secagens da espuma elaborada com a polpa do fruto do mandacaru e aditivos foram influenciadas pela temperatura de secagem e espessura da camada de espuma, ocorrendo à secagem em menor tempo na temperatura mais elevada com a menor espessura e que os modelos matemáticos utilizados se ajustaram bem aos dados experimentais de secagem.

Dieb et al. (2015), realizaram ensaios de secagem em camada de espuma da polpa de graviola, utilizando como aditivos o emustab 1% e a liga neutra 1%, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em três espessuras da camada (0,30, 0,45 e 0,60 cm), avaliando-se o

comportamento das curvas de secagem e as características físico - químicas do produto em pó para ser utilizado como saborizante de iogurte. Concluíram que o pó obtido apresentou boas condições para conservação e armazenamento e demonstram que o iogurte saborizado com o pó de graviola teve uma boa aceitação sensorial.

Rajkumer et al. (2007) desidrataram polpa de manga através do método de secagem em camada de espuma, utilizando albumina de ovo (5, 10 e 15%), como agente espumante, e como agente estabilizador a metilcelulose (0,5%), e três espessuras de camada (1, 2 e 3 mm). As formulações foram secas usando quatro temperaturas 60, 65, 70 e 75 °C, em esteira de teflon. Baseado na análise estatística foi observado que o pó obtido utilizando albumina de ovo (10%) e metilcelulose (0,5%), secos na temperatura de 60 °C e com 1 mm de espessura, manteve retido quantidades significativamente maiores de constituintes quando comparado com os outros tratamentos.

Soares et al. (2011) trabalharam com a extração e desidratação da polpa de acerola pelo método *foam mat*, para obtenção de um pó que pudesse ser utilizado como suplemento alimentar, enriquecido em vitamina C, em quantidades compatíveis com a dose mínima diária exigida pelo organismo. Foi efetuada a formulação do produto a ser desidratado utilizando-se emulsionantes e espessantes: Pectina cítrica, Emustab e Super liga neutra, de modo a formar uma espuma com características adequadas à secagem rápida, o que foi alcançado por um período de 20 minutos de “batimento”, O pó de acerola obtido apresentou-se em média, dez vezes mais concentrado em suas características iniciais, o que repercute como ponto altamente positivo dentro do processo, considerando-se o grande valor nutritivo incorporado, principalmente no que se refere ao conteúdo de vitamina C (15,16%), açúcares redutores (43,22%) e proteína (9,05%).

Gurjão et al. (2008), ao desidratar tamarindo pelo método *foam-mat*, nas temperaturas de 60, 70 e 80°C com camada de espessura da espuma igual a 0,5 cm, com a adição de Emustab, observaram três períodos diferentes de secagem em sua análise. Entre 10 a 20 primeiros minutos da secagem, os autores verificaram curto tempo de aquecimento, seguido de taxa constante e terminando o processo com período de taxa decrescente. A temperatura de 80°C implicou em menor tempo de secagem em estufa com circulação forçada de ar. A umidade final do produto variou de 7 a 10% b.s entre 180 a 270 minutos de secagem. Na aplicação dos modelos verificou coeficientes de correlação $R^2 > 0,96$. O modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Page modificado com desvios quadráticos médios entre 0,0143 a 0,0151.

2.7 - Compostos Bioativos

2.7.1 - Vitamina C

A vitamina C ou, simplesmente, ácido ascórbico (AA) é vitamina hidrossolúvel e termolábil que recebeu o nome de ácido ascórbico devido ao fato de prevenir e curar o escorbuto, uma das mais antigas doenças que afetam a humanidade. Presente em frutas e vegetais, a vitamina C ocorre naturalmente em alimentos sob duas formas: a forma reduzida (ácido L-ascórbico) e a forma oxidada (ácido L-dehidroascórbico). Ambas as formas são fisiologicamente ativas uma vez que a forma oxidada do ácido é novamente reduzida a ácido L-ascórbico no corpo humano (MOSER; BENDICH, 1991). Os seres humanos não possuem a enzima L-gulonolactona oxidase que participa da biossíntese da vitamina C, sendo necessária a sua ingestão diária na dieta alimentar.

É considerada como uma substância de grande importância para a nutrição humana e está amplamente distribuída no reino vegetal, sendo que algumas frutas são consideradas fontes excepcionais, destacando-se a acerola, goiaba e o caju (SILVA, 2007). No caso da acerola, vários autores reportam que o conteúdo de ácido ascórbico, na acerola, é bastante variável, pois depende do material genético, métodos culturais, manejo da colheita, estágio de maturação e métodos de processamento (ALVES, 1996; LIMA et al., 2000; PAIVA et al., 2001; MUSSER et al., 2004; MOURA et al., 2007).

Chitarra e Chitarra (2005) relatam que ação antioxidante da vitamina C é responsável por minimizar os danos oxidativos causados pelos radicais livres, sendo capaz de fortalecer o sistema imunológico e combater esses radicais envolvidos nos processos degenerativos celulares como o câncer, a aterosclerose, a artrite reumática, entre outras. A vitamina C atua na fase aquosa sequestrando os radicais de oxigênio ativo nos sistemas biológicos

Conforme Araújo e Minami (1994) após ser oxidado no organismo em ácido deidroascórbico, apresenta completa atividade vitamínica C, exercendo importante papel na biossíntese de corticóides e catecolaminas, na síntese e manutenção dos tecidos, ossos, dentes e sangue. Block et al. (2001) sugeriram que a vitamina C promove benefícios à saúde como diminuição do risco de doenças cardiovasculares, e que esse efeito seria atribuído à presença da vitamina C nos alimentos, que deve ser feito através do consumo de frutas e vegetais.

Em sua forma pura e cristalina, é estável à exposição ao ar, à luz e à temperatura ambiente por um período longo de tempo (BALL, 1998). Em soluções aquosas e quando presente em alimentos, sua estabilidade está diretamente relacionada às condições de armazenagem e composição da solução ou matriz.

O ácido L-ascórbico pode ser facilmente oxidado e degradado, dependendo de vários fatores como pH, temperatura, luz e presença de enzimas, oxigênio ou catalisadores metálicos (SANTOS; SILVA, 2008). Dependendo das condições do meio, dois mecanismos de degradação podem ocorrer: aeróbico e anaeróbico. O mecanismo de degradação anaeróbico é complexo e ainda não é totalmente definido e compreendido. Este tipo de degradação é ainda considerado relativamente insignificante na maioria dos alimentos (MOSE; BENDICH, 1991; SZENT-GYÖRGYI, 1999).

2.7.2 - Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são uma grande e diversificada classe de compostos que estão presentes nas plantas e são importantes na dieta humana. Estão relacionados aos benefícios que podem ajudar na prevenção de algumas doenças. Os compostos fenólicos são denominados por fitoquímicos, sendo metabolitos secundários das plantas e caracterizam-se por possuírem um ou mais anéis aromáticos e um ou mais grupo hidróxilo. Estes compostos estão divididos em classes de acordo com o número de anéis presentes na sua estrutura. Os flavonoides são caracterizados por possuírem dois anéis aromáticos ligados a três átomos de carbono que se ligam a um átomo de oxigênio e dois átomos de carbono do anel aromático (ARAÚJO; GONÇALVES; MARTEL, 2001). A Figura 2.4 mostra a estrutura e estrutura química dos flavonoides.

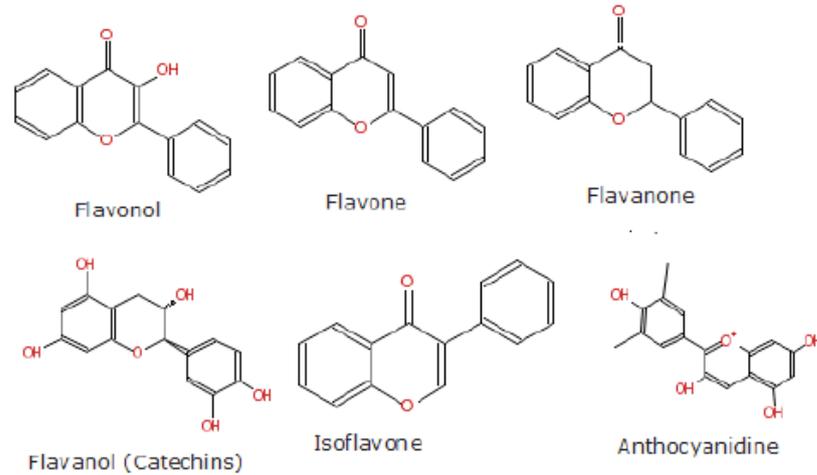


Figura 2.4 - Estrutura química dos flavonóides (Fonte: LAKHANPAL et al., 2007)

Nos alimentos estes compostos podem contribuir para uma maior sensação de sabor amargo, adstringência e cor. Estes compostos são também muito conhecidos devido ao seu grande poder antioxidante conferindo estabilidade oxidativa aos produtos onde se encontram presentes. São compostos benéficos em determinadas doenças, como é o caso de doenças cardiovasculares, algumas formas de cancro, doenças neurodegenerativas, diabetes e osteoporose (REPO-CARRASCO-VALENCIA et al., 2010; MOUSSA-AYOUB et al., 2011). Segundo Kubota et al. (2012) as frutas vermelhas ou *berries*, são ricas em compostos bioativos, como os compostos fenólicos, ácidos fenólicos, taninos, estilbenos, flavonoides e principalmente antocianinas, que devido às suas propriedades tem sido o foco de muitas pesquisas.

As principais fontes de compostos fenólicos são frutas cítricas, como limão, laranja e tangerina, além de outras frutas a exemplo da cereja, uva, ameixa, pêra, maçã e mamão, sendo encontrados em maiores quantidades na polpa do que no suco da fruta. Pimenta verde, brócolis, repolho roxo, cebola, alho e tomate também são excelentes fontes destes compostos (ANGELO; JORGE, 2007).

A determinação de compostos fenólicos é de grande importância devido à relação destes compostos com as qualidades sensoriais dos alimentos, como cor, sabor e aroma (KIM et al, 2005). Portanto, para conhecer melhor a capacidade antioxidante de uma fruta, se faz necessário isolar e quantificar o maior número de compostos bioativos presentes em diferentes solventes, assim como também utilizar o maior número de métodos possíveis que possam avaliar a sua atividade antioxidante (DUZZIONI, 2009).

2.7.3 - Antocianinas

As antocianinas pertencem ao grupo dos flavonoides, portanto têm a mesma origem biossintética, caracterizando-se pela presença da estrutura contendo 15 átomos de carbono na forma C6-C3-C6, porém, ao contrário dos outros flavonoides, as antocianinas absorvem intensamente na região visível do espectro, conferindo uma abundância de cores, dependendo do meio de ocorrência (MARÇO; POPPI; SCARMINIO, 2008).

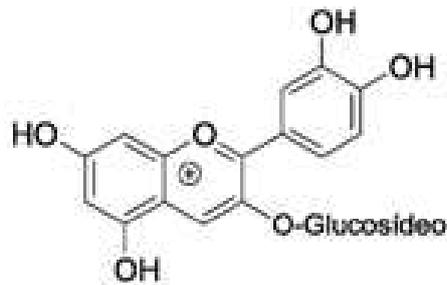


Figura 2.5 - Estrutura da antocianina cianidina 3-glucosídeo (Fonte: MARÇO, POPPI E SCARMINIO, 2008)

Encontram-se frequentemente em frutos e vêm sendo motivo de recentes investigações científicas por apresentarem propriedade antioxidante. A atividade pró-vitamina A dos carotenóides é conhecida há muito tempo e a estes compostos também tem sido atribuída propriedade antioxidante em decorrência de sua habilidade em desativar radicais livres (SILVA, 2008). As antocianinas podem ser consideradas importantes na prevenção/retardamento de doenças cardiovasculares, do câncer e doenças neurodegenerativas, devido ao seu poder antioxidante, portanto, de grande importância na dieta humana (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

A cor vermelha da acerola, no estágio maduro, é devido à presença de antocianinas. Em 05 seleções de acerola foi constatado uma variação no teor de antocianinas totais de 14,06 a 50,98mg.100g⁻¹ de polpa. A seleção de cor vermelha mais intensa apresentava o maior teor de antocianinas totais (LIMA et al., 2000). Ao serem submetidas ao aquecimento, as antocianinas têm maior tendência a degradação. Em presença de cátions de Al, Fe, Sn e outros metais, as antocianinas formam produtos insolúveis que, no caso do alumínio, encontram aplicações como corantes que apresentam estabilidade ao calor, pH e oxigênio superior à das antocianinas livres (GALLI, 2010). Outro fator de grande importância na alteração da cor das antocianinas é a luz, sendo que, a presença de ácidos

fenólicos, aumenta significativamente a estabilidade das antocianinas ao descoramento (BOBBIO; BOBBIO, 2003).

O conhecimento da estrutura dos pigmentos, a influência de fatores como pH, temperatura, a presença de ácidos, açúcares, íons metálicos e de substâncias chamadas de copigmentos assume importância fundamental no estudo da estabilidade de antocianinas, visando seu possível uso em alimentos (STRINGHETA, 1991).

Na análise de vinhos adulterados, a identificação de antocianinas individuais é de extrema importância: os tipos de antocianinas dependem da espécie do gênero *Vitis* utilizada na fabricação do vinho, e são decisivas da coloração, aroma e, principalmente, do sabor desta bebida (MARÇO; POPPI; SCARMINIO, 2008).

2.8 - Atividade de água (a_w)

Enquanto que teor de umidade define a quantidade de água nos alimentos e ingredientes, a atividade de água é a água do alimento que vai reagir com microrganismos e participar de outras reações, como as enzimáticas. Quanto mais elevada for a atividade da água, mais rápido os microrganismos (como bactérias, leveduras e bolores) serão capazes de crescer; logo a importância está na sua relação com a conservação dos alimentos (CUNHA, 2016).

A definição para atividade de água (a_w) de forma mais técnica foi apresentada por Fellows (2006) e por Gava et al. (2009), como sendo uma propriedade de extrema importância para o processamento, conservação e armazenamento de alimentos, onde foi definida como a razão entre a pressão de vapor de água no alimento e a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura, podendo variar de zero a um, sendo zero a ausência de água livre e um se refere à água pura, como mostra a Equação 2.1.

$$a_w = \frac{P}{P_0} \quad (2.1)$$

Em que:

a_w - atividade de água;

P - pressão de vapor da água no alimento;

P_0 - pressão de vapor da água pura.

Outras formas de apresentação para atividade de água foi definida por Labuza (1970), com as seguintes definições: Água livre: está presente nos espaços intergranulares

e entre os poros do material, onde é eliminada com facilidade e atua como meio de dispersão de nutriente para o crescimento de microrganismos ou reações químico-enzimáticas; Água adsorvida: uma parte da água que está adsorvida como uma camada muito fina nas superfícies internas e externas dos colóides macromoleculares (amidos, pectinas, celuloses e proteínas) por meio de Força de Van der Waals e formação de ligação hidrogênio; Água ligada: está combinada quimicamente com outras substâncias, onde este tipo de água não é utilizada como solvente, não permitindo desta forma o desenvolvimento de microrganismos e é difícil de ser eliminada.

Fiorda e Siqueira (2009) definiram a atividade de água como sendo a medida do estado de energia da água em um sistema indicando a perecibilidade com maior eficiência do que o teor de água. Está intimamente ligada à propriedade termodinâmica denominada potencial de água ou potencial químico (μ) de água, que é a mudança na Energia de Gibbs (G) quando ocorre alteração da sua concentração.

A atividade de água nos alimentos está diretamente relacionada com o crescimento de micro-organismos e a retirada de água (secagem) reduz seu crescimento, impedindo que ocorram as reações bioquímicas que dependem do teor de água (PARK et al., 2001). De acordo com Aragão (2007), a atividade de água vai até o valor 1 para a água pura, sendo que no alimentos ricos em água (a_w acima de 0,90) a formação de soluções diluídas com os alimentos serve de substrato para reações químicas e desenvolvimento microbiano. Alimentos com a_w entre 0,40 e 0,80, ocorre a aceleração das reações químicas pelo aumento da concentração dos substratos; em alimentos próximo a 0,60 não ocorre mais a atividade microbiana, e para a_w inferior a 0,30 se atinge a zona de adsorção primária.

Trata-se de um parâmetro físico muito importante na qualidade dos alimentos, pois afeta os seus atributos e suas características, sendo utilizada no controle dos fatores estabilizantes, como as reações enzimáticas e não enzimáticas, a oxidação lipídica e como parâmetro de crescimento microbiológico, os quais podem ser categorizados com respeito à sua capacidade de crescimento e produção de metabólitos, devido às condições limitadas de atividade de água (TROLLER; SCOTT, 1992). A Figura 2.6 ilustra as taxas das reações de deterioração em alimentos em função da atividade de água em temperatura ambiente.

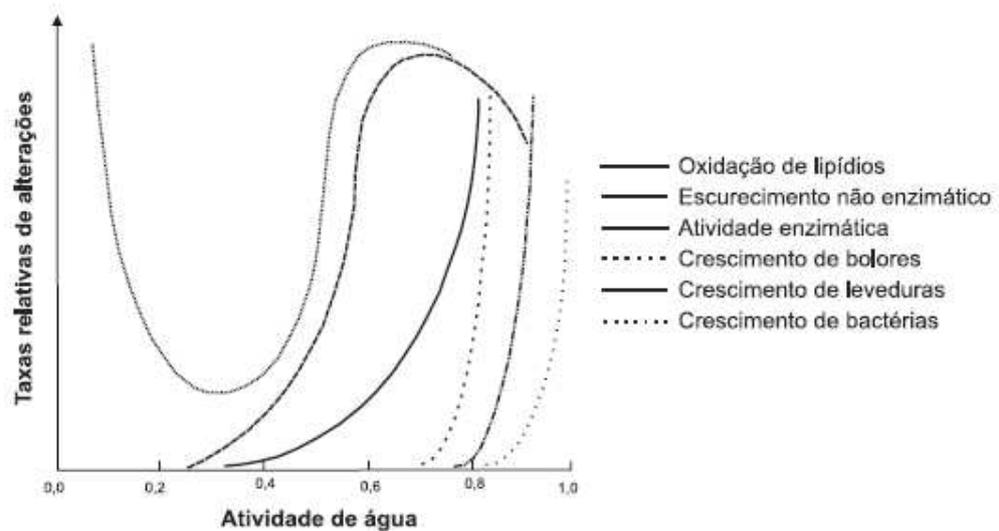


Figura 2.6 - Taxas generalizadas de reações deterioração em alimentos em função da atividade de água (Fonte: AZEREDO, 2012)

Em relação à deterioração por microrganismos, sabe-se que todos os microrganismos possuem a sua atividade de água mínima para o seu desenvolvimento. De acordo com Uboldi-Eiroa (1996), as bactérias, por exemplo, são mais exigentes que os bolores e que as leveduras, só se desenvolvendo em meios com a_w elevada. Muitas bactérias não se desenvolvem em valores de atividade de água menores que 0,91 e muitos bolores não se multiplicam em valores inferiores a 0,80. Em geral considera-se 0,60 como o limite mínimo para o desenvolvimento de micro-organismos. Coultate (2004) apresenta os seguintes valores mínimos de a_w para o crescimento de microbiano: para bactérias comuns 0,91; para leveduras comuns 0,88; para bolores comuns 0,80; para bactérias halofílicas 0,75; para bolores xerofílicos e para bolores xerofílicos 0,65.

2.8.1 - Isoterma de sorção

As curvas que relacionam o teor de umidade (água) no alimento com a sua atividade de água em uma temperatura constante, são denominadas isotermas de sorção. Sorção refere-se a adsorção ou dessorção. As isotermas de adsorção podem ser obtidas pela adição de água à amostra seca. Enquanto que as isotermas de dessorção são obtidas através da retirada de água da amostra. Se uma amostra seca de um alimento for adicionada água de forma graduada, e efetuadas medidas de atividade de água, obtém-se uma isoterma de adsorção. De forma inversa, se a mesma amostra for desidratada e efetuar-se as medidas de atividade de água, na mesma temperatura, será obtida uma isoterma de

dessorção (RIBEIRO, SERAVALLI, 2007). As curvas de equilíbrio são ferramentas importantes no dimensionamento do processo de secagem de alimentos e na determinação de condições de embalagem e armazenamento, e são obtidas a partir de dados de adsorção (ganho de umidade) e dessorção (perda de umidade), respectivamente, mas podem ser preditas através de modelos matemáticos classicamente utilizados com essa finalidade, amplamente encontrados na literatura (ASSUNÇÃO e PENA, 2007).

Para explicar a isoterma de sorção e adsorção, Ordoñez (2005) exemplificou da seguinte maneira: quando se coloca o alimento em ambiente com umidade relativa superior à umidade relativa de seu equilíbrio, ele fixa o vapor de água, tendendo a alcançar o equilíbrio, isto é, absorve água. Se, ao contrário, o alimento é colocado em um ambiente cuja umidade é inferior à umidade relativa de seu equilíbrio correspondente ao conteúdo de água do produto, este ceder água mediante o processo chamado de dessorção.

Através das isotermas de sorção é possível conhecer o comportamento higroscópico dos produtos alimentícios em pó, por meio da representação gráfica da umidade de equilíbrio em função da atividade de água. O interesse teórico e prático de se conhecer as isotermas de produtos desidratados é essencial para estabelecer condições ideais de conservação, de transformação e do dimensionamento dos equipamentos de secagem e transporte.

As isotermas são significativas para avaliar e caracterizar as ligações da água, analisar o calor de sorção, prever prováveis mudanças na estabilidade (microbiológica, química e física) dos alimentos para selecionar corretamente o método de armazenamento, o tipo de embalagem e ingredientes, constituindo ainda fator essencial nos projetos e estudos de sistemas de secagem, projetos de equipamentos, otimização do processo de secagem e predição da vida de prateleira de produtos alimentícios (DITCHFIELD, 2000); (LIMA et al., 2008) e (THYS et al., 2010).

Dias (2013) afirma que cada material possui uma isoterma de sorção característica para cada temperatura. As diferentes formas das isotermas de sorção se devem às diferenças na estrutura física, composição química e capacidade de retenção de água no material, porém, determinado ponto de uma isoterma de sorção pode tanto ser resultado de um processo de adsorção como de dessorção. Os valores de adsorção e de dessorção para uma mesma umidade relativa do ar não são coincidentes, fenômeno este conhecido por histerese, demonstrado na Figura 2.7.

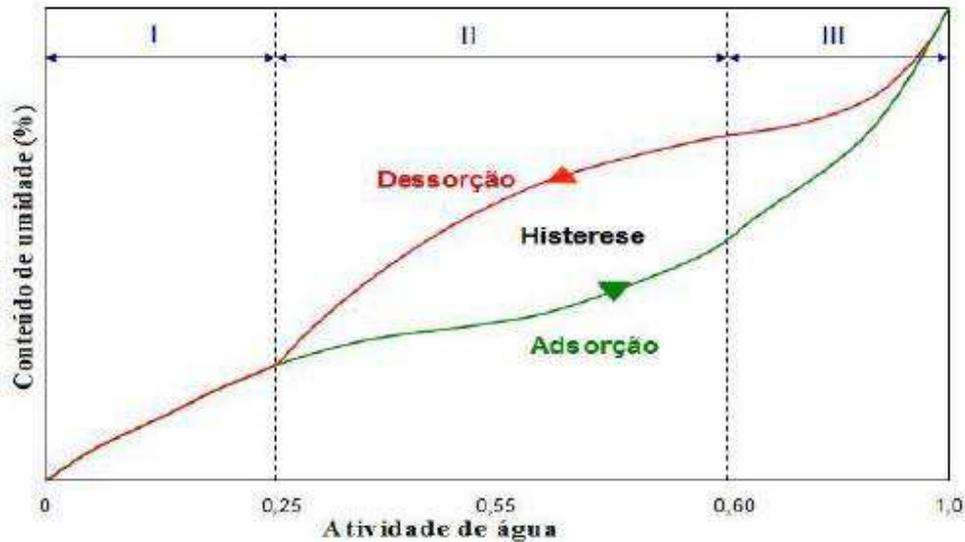


Figura 2.7 - Isotermas de adsorção e dessorção de água (I – Monocamada molecular, II – Policamada molecular e III – Água líquida e moléculas dissolvidas) (Fonte: SANTANA, 2013)

Para predição do comportamento das isotermas de adsorção de água, alguns autores sugerem o uso de modelos matemáticos empíricos e teóricos para o ajuste das curvas; dentre os modelos mais comuns tem-se os de BET, GAB, Halsey, Henderson, Peleg e Oswin, entre outros (ALMEIDA et al., 2004).

Gomes et al. (2002) determinaram a isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó, nas temperaturas de 20, 25 e 30°C, por meio do método gravimétrico estático, utilizando-se soluções saturadas de sais. Os dados experimentais das isotermas foram ajustados com as equações de BET, GAB, Oswin e Smith. Entre os modelos testados, o de GAB resultou nos melhores ajustes aos dados experimentais, podendo representar satisfatoriamente as isotermas de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó, as quais se enquadraram no Tipo III de Brunauer.

Moreira et al. (2013) determinaram a isoterma em pó de manga liofilizada, com ajuste dos dados aos modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. O melhor ajuste aos dados experimentais foi obtido pelo modelo de GAB, o qual apresentou erros médios de 4,092 a 5,175% e valores de R^2 entre 0,9986 a 0,9993 para as temperaturas estudadas. As isotermas do pó da polpa de manga liofilizada apresentaram formato característico do tipo III.

Santos et al. (2014) estudaram o comportamento higroscópico do pó de goiaba através das isotermas de adsorção nas temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C para o ajuste dos

dados experimentais e utilizaram os modelos de BET, GAB, Henderson e Oswin, foi constatado que o modelo de Henderson apresentou os melhores ajustes em todas as temperaturas.

Alexandre et al. (2007) determinaram as isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó, produzida pelo processo de secagem em camada de espuma, a 70 °C, tendo como facilitadores da secagem um emulsificante/estabilizante e um espessante. Os dados experimentais foram obtidos por meio do método gravimétrico estático nas temperaturas de 10, 20, 30 e 40 °C, com nove tipos de soluções saturadas de sais. Os modelos matemáticos de Peleg, GAB e Oswin foram ajustados aos dados experimentais. A pitanga em pó demonstrou alta higroscopicidade e as amostras atingiram o equilíbrio higroscópico entre 2 e 30 dias. Os modelos de Peleg e GAB produziram ajustes satisfatórios, com o modelo de Peleg resultando nos melhores parâmetros de ajuste ($R^2 > 0,98$ e $P < 4\%$). As isotermas foram classificadas como sendo do Tipo II.

2.8.2 - Armazenamento

O armazenamento de produtos desidratados deve ser realizado em condições favoráveis para a manutenção das suas características desejadas. Produtos submetidos a secagem são beneficiados do retardo no crescimento de microrganismos e do aumento no tempo de conservação, porém, necessitam nas fases de transporte e armazenamento, de embalagem adequada (EVANGELISTA, 2001).

Existem condições ideais para o armazenamento de alimentos, que variam amplamente de acordo com cada produto, determinando as condições nas quais esses produtos podem ser armazenados sem perda considerável de seus atributos de qualidade, dentre eles: sabor, textura, cor e umidade. O período de armazenamento depende principalmente da atividade respiratória, sensibilidade à perda de umidade e resistência aos micro-organismos causadores de doenças (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Os principais efeitos da secagem nos alimentos no armazenamento estão relacionados à textura, sabor, odor e cor, sendo diretamente dependentes do tipo de alimento e as condições de secagem utilizadas (FELLOWS, 2006).

A estrutura porosa aberta dos alimentos desidratados permite o acesso ao oxigênio, causando perdas de voláteis durante o armazenamento. Assim, o transporte de oxigênio (O_2), do ambiente externo para o produto, pode aumentar a taxa de oxidação de vitaminas, de proteínas, pigmentos e de lipídios, comprometendo a qualidade sensorial e nutricional

do alimento (AZEREDO, 2012). Para tanto, a embalagem a ser empregada deve ser estudada de acordo com as suas propriedades de barreira para evitar a oxidação.

Existem alguns fatores que afetam a vida útil do produto, tendo por exemplo: as condições de processamento, carga microbiana inicial presente, tempo e temperatura de armazenamento, tipo de embalagem, já que estes fatores podem potencializar a degradação, principalmente temperaturas elevadas, que podem acelerar a oxidação de nutrientes, alterando assim as propriedades nutritivas e sensoriais dos produtos (OLIVEIRA et al., 2013).

São prósperos os estudos voltados para a estabilidade e armazenamento de pós de polpa de frutas utilizando camadas de espuma. Breda et al. (2013) avaliaram o efeito da desidratação *foam mat* na retenção da vitamina C em polpa de cajamanga em pó obtida de diferentes formulações de espuma, em que houve a retenção de 28,55% da vitamina C para a polpa de cajamanga.

Pê et al. (2016) estudaram diferentes formulações de polpa de caqui em camada de espuma na temperatura de 70°C através do ajuste de modelos matemáticos de secagem aos dados experimentais, concluiu que o melhor tempo necessário para atingir o teor de água de equilíbrio foi de 120 minutos.

Sousa (2016) realizou estudo com secagem convectiva da polpa de pequi para elaboração de condimento, concluiu que durante o processo de secagem do pó selecionado foi observado escurecimento da cor da polpa assim como apresentou partículas aglomeradas, porosas, com formato irregular e desuniforme.

Breda (2011) desidratação da polpa do fruto da guavira (*Campomanesia adamantium*) pelo processo em camada de espuma, concluindo que A adição de espumantes influenciou na cor do produto desidratado fornecendo coloração amarela mais clara que a polpa fresca e a retenção da vitamina C foi maior com o aumento da concentração do agente formador de espuma.

Dieb et al. (2015) secagem da polpa de graviola pelo processo *foam-mat* e avaliação sensorial do pó obtido, concluiu que o mesmo apresentou boas condições para conservação e armazenamento, em que o modelo de Page apresentou um bom ajuste aos dados experimentais, além do produto ter sido aceito sensorialmente, com potencial de ser uma alternativa viável para o enriquecimento alimentos com a graviola.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Campina Grande.

3.1 - Matérias-primas

Foram utilizadas como matérias-primas melancias (*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf) da variedade *Crimson Sweet* e acerolas (*Malpighia emarginata* D.C) em estágio de maturação maduras. As frutas foram adquiridas na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (Empasa), Campina Grande, PB.

Os aditivos Emustab®, Liga Neutra® e pectina cítrica (Marca - Daxia) foram adquiridos no comércio local de Campina Grande - PB.

3.2 - Processamento das frutas

As melancias e as acerolas foram transportadas em caixas plásticas para o laboratório para dar início ao processamento. Inicialmente, as acerolas foram selecionadas com a finalidade de se descartar frutos verdes, com danos físicos ou excessivamente maduros; a seguir, foram lavadas em água corrente para remover as sujidades aderidas às cascas e depois imersas em água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 min) para sanitização. Foram então enxaguadas em água corrente a fim remover o cloro remanescente. As acerolas foram colocadas diretamente na despoldadeira para separação e descarte das sementes e homogeneização da polpa. As melancias foram fracionadas em partes menores e a polpa separada manualmente da casca; após isso, a polpa foi colocada na despoldadeira para separação das sementes e homogeneização. Ambas as polpas foram acondicionadas separadamente em embalagens de polietileno de baixa densidade, com capacidade para 500 g cada. As polpas foram armazenadas em freezer a -22 °C até a caracterização e a realização dos experimentos. As etapas para obtenção das polpas de melancia e de acerola estão ilustradas nas figuras 3.1 e 3.2 e apresentadas detalhadamente no fluxograma da Figura 3.3.

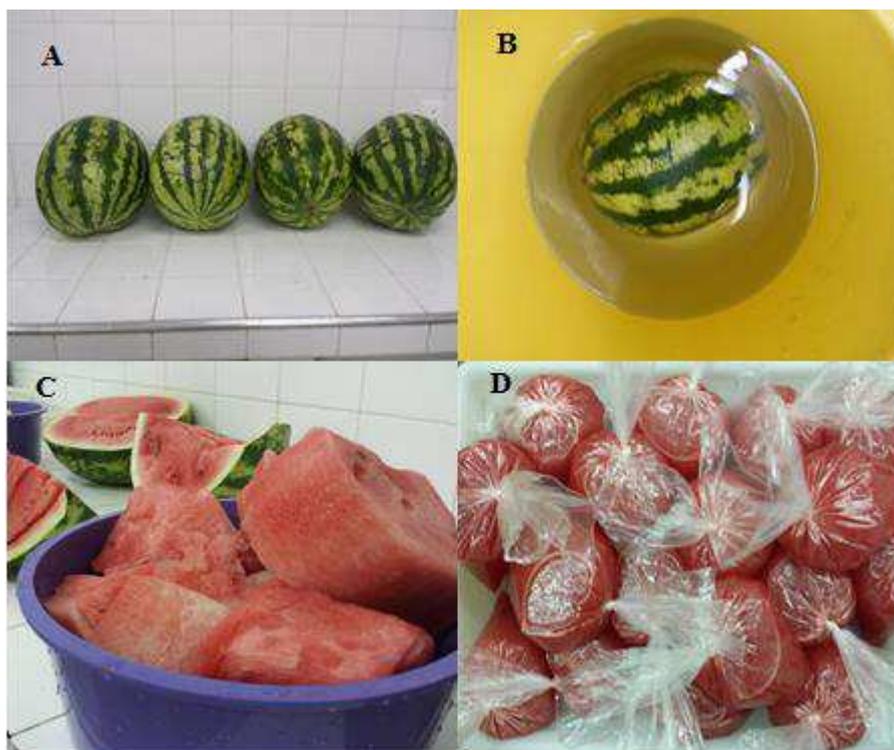


Figura 3.1 - Etapas do processamento da melancia. (A): Recepção; (B): Sanitização; (C): Separação da casca e da polpa; (D): Polpas de melancia processadas e homogeneizadas



Figura 3.2 - Etapas do processamento da acerola, (A): Recepção; (B): Seleção; (C): Sanitização; (D): Polpas de acerola processadas e homogeneizadas

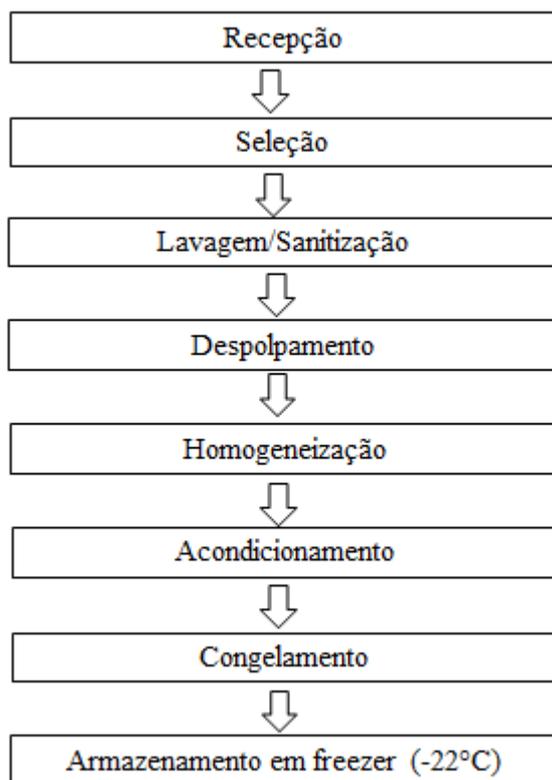


Figura 3.3 - Fluxograma das etapas realizadas para obtenção das polpas de melancia e e acerola

3.3 - Caracterização química, física e físico-química das polpas de melancia, acerola e da polpa mista de acerola com melancia (1:1)

As polpas de melancia, de acerola e a polpa mista de acerola com melancia (1:1) foram caracterizadas em relação aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos que se seguem.

3.3.1 - pH

O pH foi determinado através do uso de um pHmetro previamente calibrado com soluções tampão de pH 7,0 e 4,0, segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

3.3.2 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (°Brix) foram determinados por leitura direta em refratômetro Abbé, com correção de temperatura conforme manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

3.3.3 - Teor de água e sólidos totais

O teor de água e os sólidos totais foram determinados através do método descrito no manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), ambos expressos em percentagem (%).

3.3.4 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada pela titulação da amostra com solução de NaOH a 0,1 M utilizando-se a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.3.5 - Açúcares totais, redutores e não-redutores

Os açúcares redutores, totais e não-redutores foram determinados utilizando-se o método de redução alcalina, segundo a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e os resultados foram expressos em percentagem de glicose e de sacarose.

3.3.6 - Cinzas

As cinzas foram determinadas utilizando-se o método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008) e os resultados foram expressos em percentagem (%).

3.3.7 - Atividade de água

A atividade de água das amostras foi determinada em higrômetro Aqualab 3TE, da Decagon Devices. A medição foi feita com as amostras a 25 °C.

3.3.8 - Cor

Os parâmetros de cor foram determinados por leitura direta utilizando-se o espectrofotômetro portátil HunterLab MiniScan XE Plus, modelo 4500 L, com sistema de cor Cielab. O instrumento apresenta padrão de iluminação D65/10°, calibrado com placa branca padrão (X=80,5; Y=85,3; Z=90,0), conforme instrução do fabricante. Foram determinados os seguintes parâmetros: L* - luminosidade; a* - transição da cor verde (-a*) para o vermelho (+a*); e b* - transição da cor azul (-b*) para a cor amarela (+b*).

3.3.9 - Densidade

A densidade foi determinada na temperatura de 25 °C. O método consiste na medida da massa de um volume conhecido. A densidade foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras (Equação 3.1).

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$

Em que:

ρ – densidade (g/cm³)

m – massa (g)

V – volume (cm³)

3.3.10 - Ácido ascórbico

A análise quantitativa do ácido ascórbico foi determinada por titulação com o 2,6 diclorofenolindofenol sódio (DCFI), conforme metodologia descrita na AOAC (1997) modificada por Benassi e Antunes (1998) utilizando como solução extratora o ácido oxálico.

3.3.11 – Fenólicos totais

O teor dos compostos fenólicos totais das amostras foi determinado pelo método espectrofotométrico de Folin & Ciocalteu descrito por Waterhouse (2012), utilizando-se o

ácido gálico como padrão. Os resultados foram expressos em mg equivalente de ácido gálico por 100 gramas (mg EAG/100 g).

3.3.12 - Antocianinas

As antocianinas totais foram determinadas segundo a metodologia descrita por FRANCIS (1982) com as leituras da absorvância realizadas em espectrofotômetro com comprimento de onda de 535 nm. Os resultados foram expressos em mg/100 g, calculados por meio da Equação 3.2.

$$\text{Antocianinas totais} = \text{Absorbância} \times \text{Fator de diluição}/98,2 \quad (3.2)$$

3.3.13 - Flavonoides

A quantificação dos flavonoides foi determinada segundo a metodologia descrita por FRANCIS (1982). Os resultados foram expressos em mg/100 g e foram calculados por meio da Equação 3.3.

$$\text{Flavonoides} = \text{Absorbância} \times \text{Fator de diluição}/76,6 \quad (3.3)$$

3.4 – Etapas do processamento para obtenção da polpa mista de acerola com melancia em pó

Na Figura 3.4 tem-se o fluxograma do processamento das etapas para obtenção da polpa mista de acerola com melancia em pó utilizando o processo de secagem em camada de espuma.

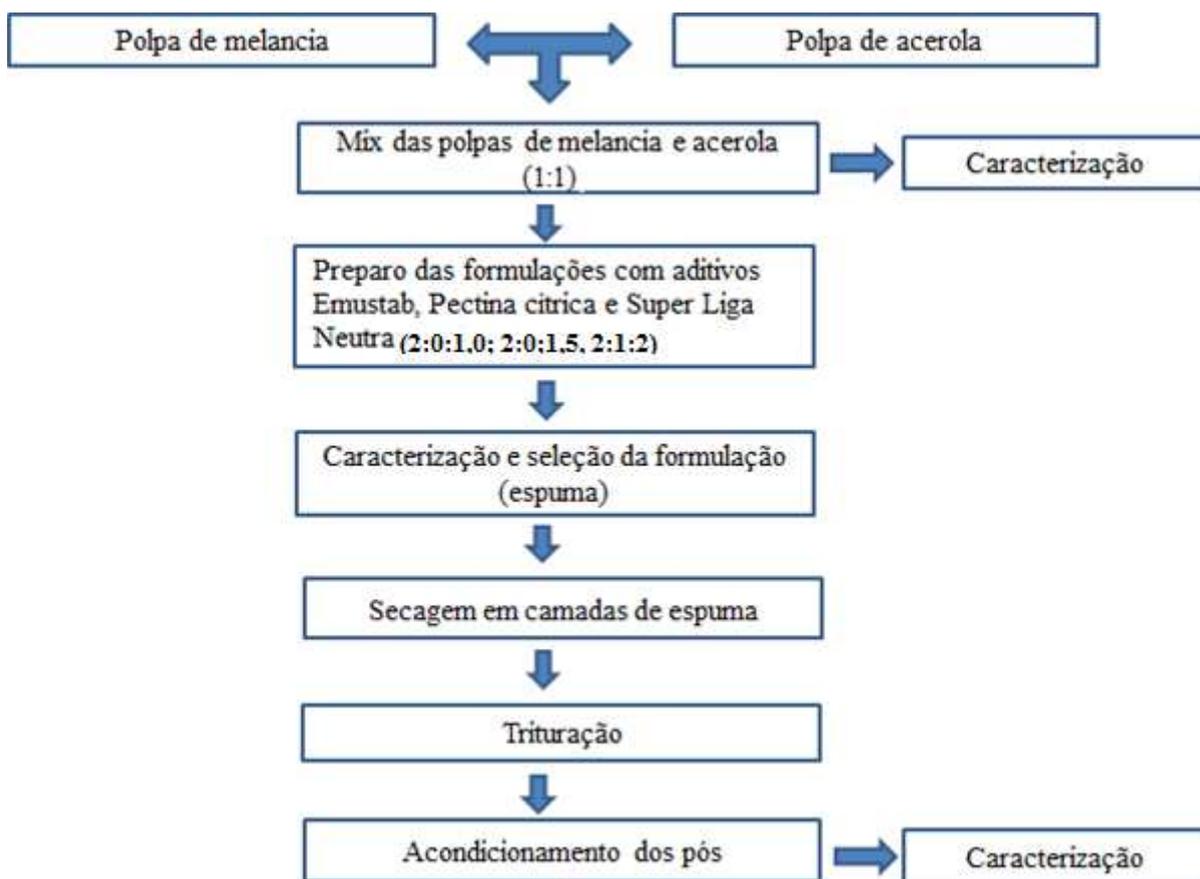


Figura 3.4 - Fluxograma do processamento para obtenção das polpas mistas de acerola com melancia em pó

Inicialmente as polpas de acerola, melancia e a polpa mista de acerola com melancia (1:1) foram caracterizadas quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos descritos no item 3.3.

A composição das polpas mistas de acerola com melancia na proporção de 1:1 (m/m) foi realizada no momento de cada teste ou de acordo com a necessidade, sendo procedido desta forma até o final do processo. A mistura das polpas era submetida à homogeneização por cerca de 1 minuto em liquidificador doméstico na velocidade máxima.

3.5 – Seleção da formulação

Testes foram feitos para definir a melhor concentração dos aditivos (Emustab®, Pectina cítrica e Liga Neutra®) adicionados à polpa mista de acerola com melancia (1:1), para a formação de espuma com características adequadas à secagem em camada de

espuma. A polpa mista de acerola com melancia juntamente com os aditivos em diferentes concentrações (Tabela 3.1) foram homogeneizados em batedeira elétrica doméstica na velocidade máxima durante diferentes tempos de batimento (5, 10, 15, 20 e 25 min) compondo desta forma quatro formulações (F1, F2, F3 e F4), produzindo-se espumas as quais foram avaliadas quanto a densidade das espumas, a expansão volumétrica (*over-run*) e a estabilidade. A partir destes resultados foi selecionada uma formulação para realizar a secagem em camada de espuma.

Tabela 3.1 - Concentração dos aditivos utilizados nas formulações testadas das polpas mistas de acerola com melancia (1:1)

Formulação	Concentração (%)			
	Emustab	Liga Neutra	Pectina cítrica	Total
F1	1,5	1,0	-	2,5
F2	2,0	1,5	-	3,5
F3	2,0	2,0	-	4,0
F4	2,0	2,0	1,0	5,0

3.5.1 - Densidade das espumas

O efeito do tempo de batimento (5, 10, 15, 20 e 25 min) foi avaliado nas formulações testadas (F1, F2, F3 e F4) sobre a densidade das espumas produzidas. As densidades foram determinadas em picnômetro de alumínio de 100 mL pela relação massa/volume.

3.5.2 - *Over-run* (Expansão volumétrica)

O *over-run* (%) ou expansão volumétrica foi determinado para as diferentes formulações (F1, F2, F3 e F4) em função do tempo de batimento (5, 10, 15, 20 e 25 min) de acordo com a Equação 3.4:

$$\text{Over-run} = \frac{\rho_p - \rho_e}{\rho_e} \times 100 \quad (3.4)$$

Em que:

$$\text{Over-run} - (\%)$$

ρ_p – densidade da polpa (g/cm³)

ρ_e – densidade da espuma (g/cm³)

3.5.3 - Estabilidade da espuma

Para avaliação da estabilidade das espumas das diferentes formulações foi selecionado um tempo de batimento fixo (15 min) baseando-se nos resultados da densidade e do *over-run*. A estabilidade das espumas foi determinada segundo a técnica descrita por Karin e Wai (1999), que se baseia num sistema constituído de uma proveta com um funil de vidro acoplado e um filtro de nylon. As espumas foram colocadas nos funis com o filtro e deixadas em repouso à temperatura ambiente (25 °C) durante 180 minutos medindo-se na proveta a cada 10 minutos o volume do líquido drenado (mL) desprendido da espuma. A estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume de líquido drenado para a proveta.

3.6 - Secagem

A partir da formulação selecionada (F4) e do tempo de batimento (15 min), as espumas produzidas foram colocadas em bandejas de aço inoxidável formando uma camada fina, com espessuras de 0,5, 1,0 e 1,5 cm, uniformemente espalhadas com espátula, sendo encaminhadas à estufa com circulação de ar, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C até massa constante. Após as secagens, as amostras secas eram retiradas das bandejas com uma espátula de aço inoxidável, resfriadas em temperatura ambiente e trituradas em microprocessador doméstico, até a formação do pó.

3.6.1 - Cinética de secagem

As cinéticas de secagem foram determinadas pesando-se as bandejas com as amostras, durante as secagens, em intervalos regulares de 5, 10, 20, 30 e 60 min, até massa constante. Com os dados experimentais foram calculados os valores da razão do teor de água (Equação 3.5).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.5)$$

Em que:

RX - razão do teor de água, adimensional;

X - teor de água, base seca;

X_e - teor de água de equilíbrio, base seca;

X_0 - teor de água inicial, base seca.

Os modelos semi-teóricos de Dois Termos (Equação 3.6), Henderson e Pabis (Equação 3.7), Page (Equação 3.8), Lewis (Equação 3.9) e Henderson e Pabis Modificada (Equação 3.10), foram utilizados para os ajustes dos dados de secagem (Tabela 3.2):

Tabela 3.2 - Modelos matemáticos utilizados para ajustar os dados da cinética de secagem

Designação do modelo	Equação	Referência	Eq. n°
Dois Termos	$RX = a. \exp(-k_0. t) + b. \exp(-k_1. t)$	(JITTANIT, 2011)	(3.6)
Henderson e Pabis	$RX = a. \exp(-kt)$	(AKPINAR et al., 2006)	(3.7)
Page	$RX = \exp(-k. t^n)$	(ROBERTS, 2008)	(3.8)
Lewis	$RX = \exp(-k. t)$	(LEWIS, 1921)	(3.9)
Henderson e Pabis modificada	$RX = a. \exp(-kt) + b. \exp(-k. t) + \exp(-kt)$	(KARATHANOS, 1999)	(3.10)

Em que: RX - razão do teor de água, adimensional; a , b , k , k_0 , k_1 , n – parâmetros dos modelos; t - tempo de secagem, min.

Para avaliar qual modelo produziu o melhor ajuste, foram utilizados como parâmetros o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (Equação 3.11).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RX_{pred} - RX_{exp})^2}{N}} \quad (3.11)$$

Em que:

DQM - desvio quadrático médio;

RX_{pred} - razão do teor de água predita pelo modelo;

RX_{exp} - razão de água experimental;

N - número de observações realizadas durante o experimento.

3.7 - Caracterização química, física e físico-química dos pós da Formulação F4

Os pós da Formulação F4, obtidos nas diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma, foram caracterizados, em triplicata, quanto aos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos: teor de água, pH, acidez total titulável, atividade de água, cinzas, sólidos solúveis totais (°Brix), cor e proteínas de acordo com as metodologias citadas no item 3.3. Além destas análises foram determinados os seguintes parâmetros: solubilidade, higroscopicidade, densidade aparente, densidade compactada, densidade absoluta, fator de Hausner (FH), índice de compressibilidade ou índice de Carr (IC), ângulo de repouso e molhabilidade, descritas a seguir.

3.7.1 - Densidade aparente (ρ_{ap})

A densidade aparente (ρ_{ap}) foi determinada em que uma proveta de volume conhecido e pesando-se a massa do pó. O cálculo da densidade aparente foi feito pela relação entre a massa e o volume ocupado na proveta.

3.7.2 - Densidade compactada (ρ_c)

A densidade compactada (ρ_c) foi determinada a partir do método descrito por TONON (2009), em que 5 g do pó foram transferidos para uma proveta de 10 mL e compactado através do batimento da proveta (50 vezes sobre a bancada) de uma altura de cerca de 10 cm sendo calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras compactadas, conforme a Equação 3.12.

$$\rho_c = \frac{m}{v} \quad (3.12)$$

Em que:

ρ_c - densidade compactada (g/cm³);

m - massa (g);

v - volume (cm³).

3.7.3 - Densidade absoluta

A densidade absoluta dos pós foi determinada, em triplicata, na temperatura de 25 °C, pelo método picnométrico utilizando-se tolueno. Consiste na medida da massa em relação ao volume da amostra, utilizando um picnômetro. A densidade absoluta foi calculada como a relação entre a massa e o volume das amostras.

3.7.4 - Fator de Hausner (FH)

O fator de Hausner (Equação 3.13) foi calculado pela relação entre a densidade compactada e a densidade aparente (HAUSNER, 1967). Este fator está correlacionado com a fluidez do material em pó ou material granulado.

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (3.13)$$

Em que:

FH - fator de Hausner (adimensional);

ρ_c - densidade compactada (g/cm³);

ρ_{ap} - densidade aparente (g/cm³).

3.7.5 - Índice de compressibilidade ou índice de Carr (IC)

O índice de Carr (Equação 3.14) foi determinado conforme a metodologia de Bhusari et al. (2014). O índice de compressibilidade é um parâmetro relacionado à capacidade de empacotamento do pó,

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_a}{\rho_c} \times 100 \quad (3.14)$$

Em que:

IC - índice de Carr (%);

ρ_c - massa específica compactada (g/cm³);

ρ_a - massa específica aparente (g/cm³).

3.7.6 - Tempo de escoamento e Ângulo de repouso (θ)

Para a determinação do tempo de escoamento foi utilizado um funil, inicialmente com a abertura inferior fechada. Após a colocação da amostra foi retirada a vedação inferior do funil e com um cronômetro mediu-se o tempo de escoamento.

Para a determinação do ângulo de repouso, mediu-se, na pilha de pó escoado através do funil na placa de recolhimento da determinação do tempo de escoamento, o diâmetro (D) da pilha e sua altura (h), obtendo-se o ângulo de repouso (θ), de acordo com a Equação 3.15:

$$\theta = \arctan \frac{2h}{D} \quad (3.15)$$

Em que:

θ – ângulo de repouso (°);

h - altura da pilha formada (cm);

D - diâmetro da pilha (cm).

3.7.7 – Molhabilidade

A determinação do tempo de molhabilidade foi realizada pesando-se cerca de 1,0 g do pó. Essa massa foi vertida em um bécker de 250 mL contendo 200 mL de água destilada (25 °C), sem agitação, e se registrou o tempo gasto até que a amostra ficasse totalmente molhada (LANNES e MEDEIROS, 2003).

3.7.8 - Higroscopicidade

Foi avaliada de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000). Colocou-se cerca de 1 g do pó em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C e, após uma semana, as amostras foram pesadas, sendo a higroscopicidade expressa como g de umidade adsorvida por 100 g de massa seca da amostra (g/100 g).

3.7.9 - Solubilidade

A solubilidade dos pós foi determinada indiretamente por meio da insolubilidade (Equação 3.16).

A análise de insolubilidade baseou-se na determinação da porcentagem de material não-solubilizado em um minuto de agitação. Foi utilizado o método de DACANAL (2005). Consiste em pesar 2 g da amostra e adicionar a 50 mL de água destilada, a temperatura ambiente (25 °C), em um béquer de 100 mL. A mistura foi agitada com um agitador magnético, e após 1 min de agitação faz-se a filtração a vácuo com papel de filtro. O papel de filtro com o material remanescente foi seco em estufa à temperatura de 60 °C, por 24 horas. A massa seca da amostra retida no papel de filtro foi determinada e o percentual de material não solubilizado (INSOL) foi calculado utilizando-se a Equação 3.17.

$$\text{SOLUB (\%)} = 100 - \text{INSOL (\%)} \quad (3.16)$$

$$\text{INSOL} = \frac{m_2(1+\text{UBS})}{m_1} \times 100 \quad (3.17)$$

Em que:

INSOL - insolubilidade (%)

m_1 - massa inicial da amostra (g)

m_2 - massa de amostra remanescente no papel de filtro (g)

UBS - teor de água da amostra (base seca)

SOLUB - solubilidade (%)

3.8 - Seleção do melhor pó

O melhor pó foi selecionado em função dos resultados que foram obtidos por meio das análises do rendimento e acidez cuja condição de obtenção foi na temperatura de 80 °C e 1,5 cm da camada de espessura.

3.9 - Isotermas de adsorção de água do pó selecionado

As isotermas de adsorção de água do pó selecionado (F4 - mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) com adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina secada

a 80 °C com 1,5 cm de espessura da camada espuma), foram determinadas nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, de acordo com o método especial indireto estático proposto por Capriste & Rotstein (1982) utilizando-se para medir a atividade de água o higrômetro Aqualab modelo 3 TE (Decagon Devices).

Os modelos de Halsey, Oswin, Peleg e GAB (Tabela 2.3) foram ajustados às isotermas de adsorção de água utilizando-se regressão não linear pelo método Quase-Newton por meio do programa computacional Statistica 7.0.

Tabela 3.3 - Modelos matemáticos ajustados aos dados das isotermas de adsorção de água

Designação do modelo	Equação
Halsey	$X_e = a(-\log(1 - a_w))^b$
Oswin	$X_e = a\left(\frac{a_w}{(1 - a_w)}\right)^b$
Peleg	$X_e = k_1 a_w^{n_1} + k_2 a_w^{n_2}$
GAB	$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)}$

Em que: X_e – teor de água de equilíbrio (% b.s.); a_w - atividade de água; X_m – teor de água na monocamada molecular (% b.s.); C e K - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto; a, b, K_1 , K_2 , n_1 e n_2 - constantes dos modelos

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 3.14.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{\text{exp}} - X_{\text{pre}})|}{X_{\text{exp}}} \quad (3.18)$$

Em que:

- P - desvio percentual médio (%);
- X_{exp} - valores obtidos experimentalmente;
- X_{pre} - valores preditos pelo modelo;
- n - número de dados experimentais.

3.10 - Armazenamento do pó selecionado

O armazenamento do pó selecionado, formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina) secada a 80 °C com 1,5 cm de espessura da camada espuma, foi realizado por um período de 40 dias em câmara tipo BOD nas temperaturas de 30 e 40 °C com umidade relativa média de aproximadamente 83% proporcionada por soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl).

As amostras em pó, cerca de 20 g, foram acondicionadas em embalagens laminadas compostas de uma camada de PET cristal (polietileno de baixa densidade cristal) e outra camada de PET metal (polietileno tereftalato metal), com aproximadamente 17 cm de comprimento x 10 cm de largura.

As embalagens laminadas contendo as amostras foram lacradas em seladora e colocadas (triplicata) em recipientes de vidro hermético, contendo soluções saturadas de cloreto de potássio (KCl) correspondendo à umidade relativa média de 83%. Em seguida, os potes foram acondicionados nas câmaras BOD com as temperaturas controladas indicadas.

No tempo 0 e a cada 8 dias foram realizadas análises físicas, químicas e físico-químicas nas amostras em pó quanto ao teor de água, pH, acidez total titulável, atividade de água, solubilidade, cor e antocianinas, de acordo com as metodologias dos itens 3.3 e 3.7.

3.11 - Análise estatística dos dados

Para a análise dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos avaliados nas polpas de acerola, melancia e na polpa mista (acerola com melancia) foi empregado o delineamento inteiramente casualizado com os dados submetidos a análise de variância e a médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à caracterização química, física e físico-química dos pós da Formulação F4, foi realizado um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 3, com 3 temperaturas de secagem (60, 70 e 80 °C) e 3 espessuras da camada de espuma (0,5, 1,0 e 1,5 cm), com 3 repetições e a médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para a análise dos dados do armazenamento do pó selecionado (F4 - secada na temperatura de 80 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm) foi empregado o

delineamento inteiramente casualizado, disposto em esquema fatorial 6 x 2, com 6 tempos de armazenamento (0, 8, 16, 24, 32 e 40 dias) e 2 temperaturas (30 e 40 °C), com 3 repetições. (tempo, temperatura e repetição) e a médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Todos os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa computacional Assistat versão 7.7 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2016).

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização química, física e físico-química das polpas de melancia, acerola e da polpa de frutas mista

Os valores médios das análises químicas, físicas e físico-químicas das polpas de acerola, melancia e da polpa de fruta mista de acerola com melancia (1:1) estão dispostos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Caracterização química, física e físico-química das polpas de acerola e melancia e da polpa mista de acerola com melancia (1:1)

Parâmetro	Polpa de acerola	Polpa de melancia	Polpa mista de acerola com melancia (1:1)
pH	3,60 ± 0,09 c	5,47 ± 0,03 a	3,81 ± 0,04 b
Acidez total titulável (% ac. cítrico)	1,19 ± 0,05 a	0,06 ± 0,00 c	0,60 ± 0,00 b
Sólidos solúveis totais (°Brix)	4,97 ± 0,06 a	5,07 ± 0,06 a	5,03 ± 0,06 a
Sólidos totais (%)	7,29 ± 0,19 a	8,21 ± 0,52 a	8,26 ± 0,33 a
Umidade (% b.u)	92,70 ± 0,19 a	91,78 ± 0,52 a	91,73 ± 0,33 a
Atividade de água (a _w)	0,992 ± 0,000 a	0,994 ± 0,001 a	0,992 ± 0,000 a
Cinzas (%)	0,25 ± 0,07 a	0,17 ± 0,01 a	0,20 ± 0,01 a
Proteínas (%)	0,75 ± 0,00 b	0,86 ± 0,00 a	0,80 ± 0,00 b
Ácido ascórbico (mg/100 g)	755,60 ± 0,49 a	8,73 ± 0,02 c	601,73 ± 0,44 b
Açúcares redutores (% de glicose)	4,68 ± 0,02 c	5,20 ± 0,04 a	5,01 ± 0,03 b
Açúcares totais (% de glicose)	5,64 ± 0,14 c	8,85 ± 0,16 a	7,71 ± 0,03 b
Açúcares não-redutores (% sacarose)	0,91 ± 0,10 c	3,47 ± 0,18 a	2,57 ± 0,04 b
Antocianinas (mg/100 g)	2,12 ± 0,58 a	0,25 ± 0,16 b	1,00 ± 0,17 ab
Fenólicos totais (mg ac. gálico /100 g)	512,99 ± 0,69 a	19,22 ± 0,51 b	511,85 ± 0,76 a
Luminosidade (L*)	40,58 ± 0,17 a	2,96 ± 0,04 c	30,20 ± 0,16 b
Intensidade de vermelho (+a*)	31,35 ± 0,03 a	13,93 ± 0,09 c	27,22 ± 0,07 b
Intensidade de amarelo (+b*)	34,57 ± 0,38 b	4,94 ± 0,08 c	36,24 ± 0,34 a

O pH da polpa de acerola foi de 3,60, próximo ao valor encontrado por Caldas et al. (2010) que foi de 3,38, por Paglarini et al. (2011), variando entre 3,55 a 3,92, e por

Temóteo (2012) que foi de 3,90, em polpas de acerola. Diante deste resultado verifica-se que a polpa de acerola é um alimento muito ácido (VENTURINI FILHO, 2010). O pH (5,54) da polpa de melancia se mostrou maior que o da acerola, tratando-se de um alimento pouco ácido (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). Valores próximos de pH para a melancia foram verificados por Teixeira (2011), com médias entre 5,36 a 5,72; por Araújo Neto et al. (2000), com pH entre 5,33 a 5,56 em melancia cv. *Crimson sweet*. O pH da polpa de melancia e de acerola se mostraram estatisticamente diferente da mistura das duas polpas. Como era esperado, a mistura das polpas apresentou um pH com valor intermediário entre as polpas. A mistura apresentou um pH abaixo de 4,5 o que favorece a segurança na sua conservação, em razão de dificultar a contaminação por determinadas bactérias.

A acidez total titulável da acerola se mostrou com valor de 1,19% de ácido cítrico sendo superior ao determinado por Temóteo et al. (2011) para a polpa de acerola comercial com valor de 0,94% de ácido cítrico; e inferior ao quantificado por Soares et al. (2001) para a polpa de acerola que obtiveram valor de acidez de 1,41% ácido cítrico. Em relação à acidez da polpa de melancia o resultado deste estudo mostrou valor inferior ao do estudo de Teixeira et al. (2011) que verificaram acidez para diferentes variedades de melancia variando entre 0,10 a 0,12%; e ao de Santos et al. (2013) que encontraram teores de 0,095 a 0,12%. Percebe-se que a mistura das polpas originou um produto com acidez intermediária entre os valores das duas polpas, com médias estatisticamente diferentes entre si.

Com relação aos parâmetros sólidos solúveis totais, sólidos totais, umidade, atividade de água e cinzas observa-se que não houve diferenças significativas entre as médias das três amostras. Verifica-se que as médias dos sólidos solúveis totais das polpas de acerola e melancia deram abaixo dos valores mínimos recomendados pela legislação atual (BRASIL, 2000; BRASIL, 2013) que é de 5,5 e 8,0 °Brix, respectivamente. Estas diferenças se devem ao estágio de maturação das frutas, variedade, período de colheita, condições edafoclimáticas de cultivo entre outros fatores. Valores superiores ao do presente estudo foram encontrados para a melancia por Santos et al. (2013) com teores de sólidos solúveis totais variando entre 6,50 a 7,58; e por Teixeira et al (2011) com sólidos solúveis totais entre 7,7 a 9,46.

Para os sólidos totais, os valores encontrados para a acerola estão de acordo com a legislação (BRASIL, 2000) que é de no mínimo de 6,5%. Para melancia, não há indicação

desse parâmetro na legislação brasileira. Valor semelhante ao deste estudo para os sólidos totais da acerola foi verificado por Caetano et al. (2012) que foi de 7,93%.

Constata-se que todos os valores das umidades das polpas foram superiores a 90%, indicando que se trata de produtos propícios ao desenvolvimento de micro-organismos necessitando-se de um processamento adequado para o aumento da vida útil. Valores próximos da umidade da polpa de acerola (92,70%) foram determinados por Caetano et al. (2012) obtendo o valor de 91,17%; e por, Gomes et al. (2002) com teor de umidade de 90,97%. Já para a polpa de melancia o teor de umidade encontrado foi semelhante ao estudo de Resende e Dias (2006) que quantificaram um teor de 90,79%; e ao do estudo de Lima et al. (2016) que encontraram valor de 90,80%.

Os valores de atividade de água obtidos neste estudo variaram entre 0,992 e 0,994, sendo superiores ao valor encontrado por Lima et al. (2016) para a polpa de melancia que foi de 0,789; e próximos aos valores determinados por Diniz et al. (2003) para a polpa de acerola que variou entre 0,9770 a 0,9883 na temperatura de 30 °C.

O conteúdo mineral (cinzas) das polpas foi baixo (0,17-0,25) como a maioria das frutas. Os valores obtidos das cinzas foram inferiores ao do estudo de Soares et al. (2001) que encontraram um teor médio de cinzas para a acerola de 0,46%; e próximo ao do trabalho de Resende e Dias (2006) que determinaram um teor de cinzas para a polpa de melancia de 0,30%.

O conteúdo proteico encontrado na polpa de acerola (0,75%) foi menor que o valor encontrado por Soares et al. (2001) também na acerola que foi de 1,27%; e o teor de proteínas determinado na polpa de melancia (0,86%) foi próximo ao valor médio obtido por Resende e Dias (2006) de 0,71%.

O teor de ácido ascórbico da polpa de acerola (755,60 mg/100 g) foi abaixo dos valores determinados por Oliveira et. al. (1999) em polpas congeladas de acerola de diferentes marcas com médias de 857,95 e 989,51 mg/100 g e pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) para a polpa de acerola que é de no mínimo 800 mg/100 g ou seja. Maciel et al. (2012) encontraram valores variando de 750 a 1.678 mg/100 g em 18 genótipos de aceroleira. Estas diferenças entre os valores podem ter sido ocasionadas pelo tipo de variedade, processamento, condições de cultivo, armazenamento, entre outros fatores. Entretanto, mesmo com o teor inferior de ácido ascórbico a polpa de acerola do presente estudo pode ainda ser considerada rica em vitamina C. Para a polpa de melancia o teor de ácido ascórbico (8,73 mg/100 g) foi próximo ao valor encontrado por Lopes et al. (2016), que foi de 8,4 mg/100 g. Então, como era esperado a mistura das polpas de acerola com

melancia proporcionou um produto com alto conteúdo de ácido ascórbico (601,73 mg/100 g), sendo altamente influenciada pela adição da polpa de acerola.

Os maiores teores dos açúcares redutores, totais e não redutores foram da polpa de melancia e os menores da polpa de acerola, também observa-se que a parcela dos açúcares redutores foi superior a dos não redutores em todas as amostras. O teor de açúcares redutores da acerola foi de 4,68% glicose, sendo abaixo do valor médio obtido por Caetano et al. (2011) (5,26%). Em relação aos açúcares totais da acerola o resultado (5,64% glicose) superou o do estudo realizado por Chaves et al. (2004) (3,32%) e está dentro do padrão da legislação para polpa de acerola que é de no mínimo 4% e no máximo de 9,5% (BRASIL, 2000). A polpa de melancia apresentou teor de açúcares redutores (5,20% glicose), superior ao da acerola e dentro da faixa de valores determinado por Araújo Neto et al. (2000) para melancia cv. Crimson Sweet (5,12-8,46%). O valor dos açúcares totais da polpa de melancia (8,85% glicose) foi superior ao determinado por Araújo Neto et al. (2000) que foi de 6,37-7,34%. Barros et al. (2011) em estudo da qualidade de melancia da mesma variedade do estudo em questão encontraram uma média de 6,05% para os açúcares redutores, sendo superior ao valor deste trabalho (5,20%) e de 6,37% para os açúcares totais, ou seja, valor inferior ao do presente trabalho (8,85%).

Os valores das antocianinas das polpas de acerola (2,12 mg/100 g) e melancia (0,25 mg/100 g) foram estatisticamente diferentes. Musser et al. (2004) encontraram valores de antocianinas em doze genótipos de acerolas colhidas em três safras variando de 2,4 a 55,8 mg/100 g, verificando que houve influência da safra sobre o teor de antocianinas e do genótipo. Além disso, as antocianinas são pigmentos muito instáveis, que podem ser degradadas durante o processamento e a estocagem das polpas (FREITAS et al., 2006).

A pigmentação da melancia é dada pelo licopeno, e não pela presença de antocianinas, o que justifica a presença de pouca quantidade desse composto na fruta. A mistura mostrou resultado de antocianinas influenciada pelo suco de acerola.

Observa-se que o teor de fenólicos totais da acerola foi muito superior ao da melancia. Em relação aos fenólicos estes compostos são considerados de grande interesse por contribuírem fortemente para a atividade antioxidante da própria fruta e possivelmente para redução de doenças crônicas (VENTURINI FILHO, 2010). Valores superiores de fenólicos totais foram encontrados para a acerola por Melo et al. (2008) de 788,39 mg/100 g; por Viera et al. (2011) de 835,25 mg/100 g; e por Hassimotto et al (2005), de 861,00 mg/100g. As variações nos teores dos compostos fenólicos podem ser influenciadas por diversos fatores, tais como espécie, estágio de maturação, práticas de cultivo, origem

geográfica, estágio de crescimento, condições de colheita e processo de armazenamento das frutas (SOARES et al., 2008).

A luminosidade (L^*) caracteriza a claridade da amostra, quanto maior o valor, mais clara é a amostra. Observa-se que o valor de L^* foi maior na acerola do que na melancia, indicando que a polpa de acerola era mais clara. Castro et al. (2015) encontraram para polpas de acerola de diferentes marcas valores próximos de L^* variando entre 37,73 e 46,04. A polpa de melancia apresentou valor de L^* (2,96) muito baixo, indicando ser uma polpa escura. Teixeira et al. (2011) encontraram para a polpa de melancia valor de L^* de 22,34, sendo superior ao do presente estudo. Nota-se para a polpa de acerola e para a mistura das polpas que os parâmetros intensidade de vermelho ($+a^*$) e intensidade de amarelo ($+b^*$) foram muito próximos, indicando um equilíbrio destes componentes da cor; e para a polpa de melancia verifica-se uma predominância da intensidade de vermelho sobre a intensidade de amarelo. Diante dos valores, constata-se que a mistura das polpas foi influenciada principalmente pela coloração do suco de acerola. Castro et al. (2015) encontraram para polpas de acerola valores de $+a^*$ de 19,96 a 8,91 e para o parâmetro $+b^*$, valores de 20,15 a 32,56, valores estes inferiores ao da polpa de acerola do presente estudo. Para os valores do eixo “a” e “b”, Teixeira et al. (2011) encontraram em polpa de melancia *Crimson sweet* valor de $+a^*$ de 3,42 e de $+b^*$ de 32,35, sendo muito diferentes da polpa de melancia do presente estudo o que se deve provavelmente a diferença da variedade. Valores de $+b^* < 5$ significa distanciamento da cor amarela.

4.2 - Seleção da formulação para secagem em camada de espuma

Foram determinados os parâmetros densidade, *over-run* (expansão volumétrica) e a estabilidade da espuma, com a finalidade de selecionar o tempo de batimento e a melhor formulação, para a mesma ser posteriormente desidratada pelo método de secagem em camada.

4.2.1 - Densidade da espuma

Apresentam-se na Tabela 4.2 os valores das densidades das espumas das diferentes formulações, em função do tempo de batimento. Verifica-se que os valores das densidades das espumas diminuíram significativamente com o aumento do tempo de batimento, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Este comportamento também foi

observado por Sankat e Castaigne (2004) onde a ocorreu redução da densidade da espuma com o aumento do tempo de batimento, ao trabalharem com a formulação da polpa da banana adicionada de proteína de soja isolada.

Tabela 4.2 - Valores médios da densidade (g/cm^3) das diferentes formulações em função dos diferentes tempos de batimento

Tempo de batimento (min)	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
5	0,946 aA	0,623 aB	0,613 aB	0,376 aC
10	0,836 bA	0,533 bB	0,536 bB	0,283 bC
15	0,743 cA	0,433 cB	0,346 cC	0,240 cD
20	0,650 dA	0,376 dB	0,296 dC	0,226 cD
25	0,616 eA	0,266 eB	0,233 eC	0,193 dD

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,017; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,016; Média geral = 0,469%; Coeficiente de variação = 1,51%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

Observa-se que a densidade das espumas apresentou tendência de redução com o aumento da concentração dos aditivos.

Na formulação F1 verifica-se que as médias das densidades foram consideradas estatisticamente diferentes entre todos os tempos de batimento, de acordo com o teste de Tukey a 5% de probabilidade, percebe-se que no tempo de batimento de 25 minutos obteve-se a menor densidade da espuma de $0,616 \text{ g/cm}^3$. Segundo Van Arsdel et al. (1964) a densidade da espuma deve apresentar valor mínimo de $0,1 \text{ g/cm}^3$ e o máximo compreendido entre $0,5$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$.

Thuwapanichayanan et al. (2008) observaram que quanto maior a densidade da espuma menor é a eficiência da desidratação e Soares (2009) afirmou que quanto menor a densidade mais rápida e fácil torna-se a secagem em camada de espuma. Diante disso a formulação F1 não pode ser considerada como ideal para a secagem em camada de espuma em razão da sua alta densidade em relação às outras formulações testadas.

Nas formulações F2 e F3 verifica-se que, a partir do tempo de batimento de 15 minutos até o tempo de 25 minutos, a densidade atingiu valores de densidade menores que $0,5 \text{ g/cm}^3$.

Na formulação F4, pode-se verificar que com 5 minutos de batimento a densidade já atingiu valor inferior a $0,5 \text{ g/cm}^3$ e que com o aumento do tempo de batimento a densidade diminuiu variando de $0,376$ a $0,193 \text{ g/cm}^3$. Observou-se que com a incorporação da pectina na formulação F4 a espuma apresentou aparência mais porosa e menos densa, promovendo uma diminuição significativa da densidade em relação às formulações sem a pectina (F1, F2 e F3).

Soares et al. (2001) ao avaliarem a adição de pectina cítrica, Superliga Neutra® e Emustab® à polpa de acerola, de modo a formar uma espuma com características adequadas à secagem em camada de espuma, encontraram uma densidade de $0,51 \text{ g/cm}^3$ em um tempo de batimento de 20 minutos.

Mafra et al. (2015) avaliando a influência dos aditivos albumina, pectina, Superliga Neutra® e Emustab®, combinados em diferentes concentrações, observaram que a espuma da polpa de acerola com 2% de superliga®, 4% de albumina e 2% de pectina apresentou a maior expansão volumétrica (268,91%) e a menor densidade ($0,33 \text{ g/cm}^3$) resultando no menor tempo de secagem (195 minutos).

4.2.2 - Over-run

Apresentam-se na Tabela 4.3 os valores médios do over-run (%) ou expansão volumétrica das diferentes formulações em função do tempo de batimento.

Tabela 4.3 - Valores médios do *over-run* (%) das espumas das diferentes formulações em função do tempo de batimento

Tempo de batimento (min)	Formulações			
	F1	F2	F3	F4
5	10,63 eD	67,99 eC	70,73 eB	178,35 eA
10	25,19 dD	96,36 dB	95,25 dC	269,82 dA
15	40,86 cD	141,70 cC	202,48 cB	336,08 cA
20	61,01 bD	178,34 bC	253,58 bB	363,09 bA
25	68,80 aD	293,45 aC	349,18 aB	442,36 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,03; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,03; Média geral = 177,26%; Coeficiente de variação = 0,01%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade

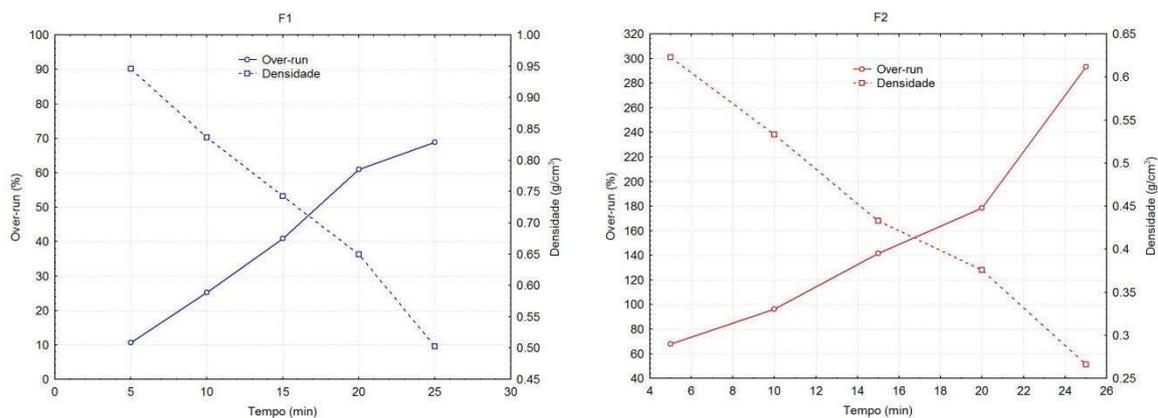
Constata-se que o *over-run* de todas as formulações apresentaram tendência de aumento com o aumento do tempo de batimento e com o aumento da concentração dos aditivos em todos os tempos.

Os menores valores encontrados do *over-run* foram para a formulação F1, com diferenças significativas entre as demais formulações. Verifica-se que a formulação F2 alcançou valor do *over-run* acima de 200% no tempo de batimento de 25 minutos e para formulação F3 a partir do tempo de 15 minutos.

Verifica-se que os maiores valores de *over-run* e os menores valores de densidade foram da formulação F4, e que a maior expansão volumétrica ocorreu no tempo de 25 minutos para todas as formulações testadas.

O melhor tempo de batimento da espuma é obtido quando a espuma apresenta a maior expansão volumétrica (*over-run*) e o menor valor da densidade (RAJKUMAR et al., 2007). No entanto, o tempo de batimento afeta o teor de compostos voláteis, quanto maior o tempo de batimento, maiores as perdas destes compostos, sendo desta forma, o processo de secagem em camada de espuma tem o objetivo encontrar o tempo ideal de batimento da espuma (THUWAPANICHAYANAN et al., 2012).

Na Figura 4.1 tem-se o comportamento do *over-run* e da densidade das espumas das diferentes formulações em função do tempo de batimento. O cruzamento entre as curvas da densidade e do *over-run* indica o melhor tempo de batimento (KARIM e WAI, 1999), desta forma, verifica-se que este cruzamento para F1 é em torno de 17 min, F2 em aproximadamente 16 min, F3 em 14 min e F4 em 11,5 min.



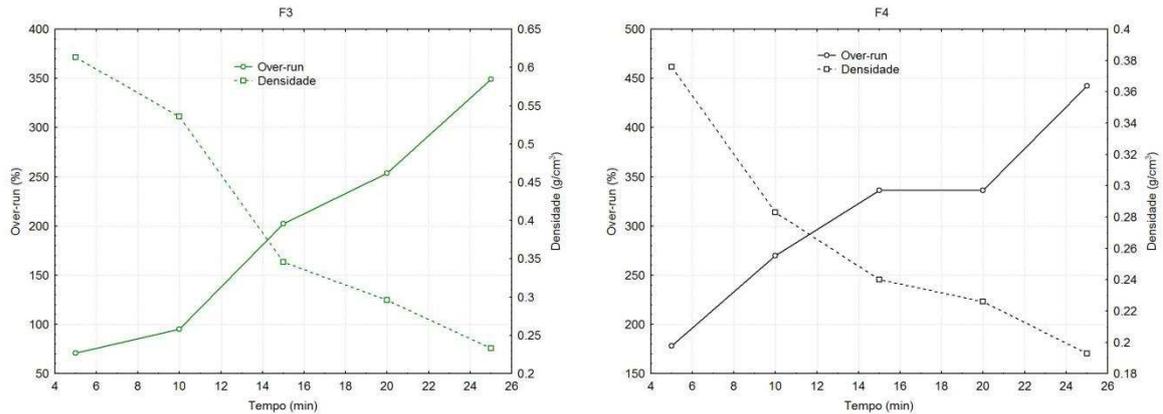


Figura 4.1 - Valores médios da densidade (g/cm^3) e do *over-run* (%) das espumas das diferentes formulações em função do tempo de batimento (min)

4.2.3 - Estabilidade

Na Figura 4.2 estão graficados os volumes de líquido drenado (mL) coletados em função do tempo do tempo de drenagem (min) para as diferentes formulações, com o intuito de se avaliar a estabilidade das espumas.

A estabilidade está diretamente relacionada à capacidade da espuma de reter água em sua estrutura (KARIM e WAI, 1999). Diante dos resultados do ar incorporado às formulações (*over-run*) e das densidades das espumas para os diferentes tempos de batimento, selecionou-se o tempo de batimento de 15 minutos para avaliar a estabilidade das espumas. Em razão de que neste tempo obteve-se na maioria das formulações densidade inferiores a $0,5 \text{ g/cm}^3$ e *over-run* maior que 100%.

Nota-se que os maiores volumes drenados foram da formulação F1 e os menores da Formulação F4, indicando que o volume drenado aumentou com o tempo e foi reduzido com o aumento da concentração dos aditivos.

Então, constata-se que a formulação F4 foi a que mostrou resultado satisfatório apresentando maior estabilidade, mantendo-se praticamente estável até o final do tempo (180 min), com volume drenado menor que 1 mL.

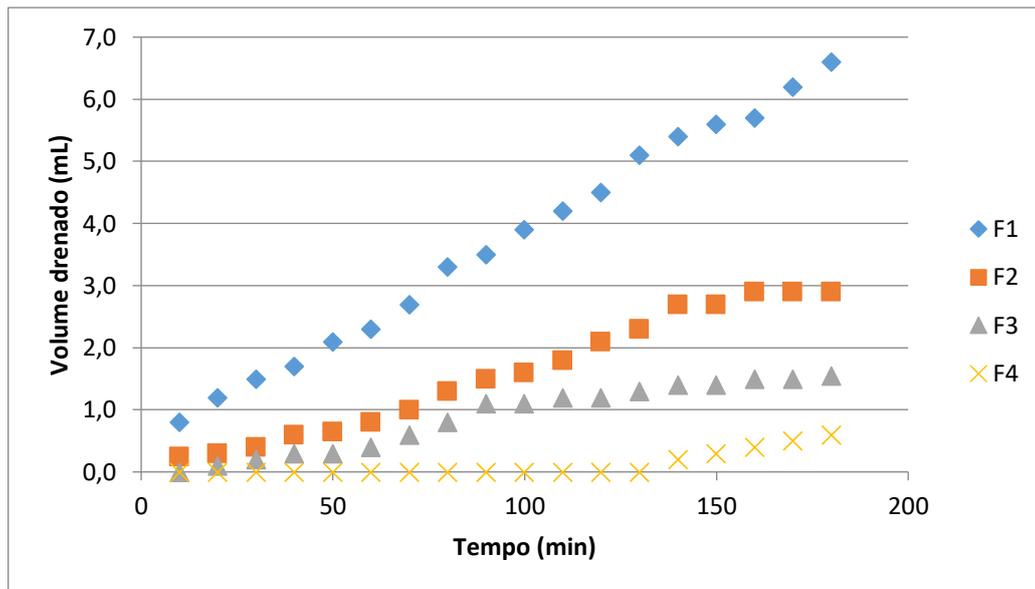


Figura 4.2 - Volume de líquido drenado (mL) das diferentes formulações em função do tempo (min)

Diante dos resultados da densidade, over-run e estabilidade das diferentes formulações testadas selecionou-se a Formulação F4, composta pela polpa mista de acerola com melancia e (1:1) com adição de 2% de Liga Neutra®, 2% de Emustab® e 1% de pectina, como a melhor para realizar os experimentos de secagem em camada de espuma. Esta formulação apresentou os menores valores de densidade, os maiores valores de *over-run* e a maior estabilidade (menor volume drenado).

Apesar desta seleção, testes preliminares de secagem em camada de espuma com as formulações F1, F2 e F3 foram realizados nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e com espessuras das camadas de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm, sendo observado que os produtos obtidos não foram satisfatórios. Este comportamento talvez possa ser atribuído a pouca quantidade de sólidos totais das matérias primas, as quais possuem cerca de 90% de teor de água, necessitando, dessa forma, a adição de aditivos que possa vir a aumentar a quantidade de sólidos na mistura. Alguns alimentos carecem da adição de pequena quantidade de estabilizante de forma a produzir uma espuma capaz de resistir à operação de bombeamento, expansão e secagem (VAN ARSEL e COPLEY, 1964). Também foi observado nas formulações F2 e F3 que o aumento da temperatura de secagem em todas as espessuras das camadas testadas (0,5, 1,0 e 1,5 cm) resultou em produtos sem aparência definida de pó, com aspecto pegajoso, textura compactada e endurecida, de coloração escurecida e odor levemente de queimado, possivelmente em decorrência do escurecimento não enzimático como caramelização e reação de Maillard. De acordo com

Maltini et al. (2003), existe uma relação direta entre a ocorrência da reação de Maillard (escurecimento não enzimático) e a atividade de água de alimentos de origem vegetal, sendo esta ocorrência benéfica ou não, dependendo da característica final desejável para o produto.

4.3 - Secagem em camada de espuma da Formulação F4

Tem-se na Tabela 4.4 os tempos de secagem da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina) submetida à secagem nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C com espessura da camada de espuma de 0,5; 1,0 e 1,5 cm. Observa-se que o aumento da espessura promoveu o aumento do tempo de secagem nas três temperaturas; e para uma mesma espessura e com o aumento da temperatura houve redução no tempo de secagem e no teor de água. O aumento da temperatura promove uma maior transferência de calor e massa, fazendo com que ocorra uma maior perda de água do produto para o meio (FURTADO et al., 2014). Silva et al. (2016) também verificaram que o aumento da temperatura de secagem promoveu uma redução no tempo necessário para os frutos atingirem o teor de água de equilíbrio.

Tabela 4.4 - Tempos de secagem da Formulação F4 em diferentes temperaturas e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura (cm)	Tempo de secagem (min)	Teor de água (% b.u.)	Teor de água (% b.s.)
60	0,5	460	12,88	14,79
	1,0	760	13,45	15,54
	1,5	940	14,70	17,23
70	0,5	370	11,98	14,02
	1,0	640	12,37	14,12
	1,5	760	13,13	15,63
80	0,5	280	10,92	12,83
	1,0	430	11,23	12,64
	1,5	630	12,05	14,22

O teor de água da Formulação F4 variou entre 10,92 e 14,70%, sendo influenciados pela temperatura e espessura da camada de espuma. Celestino (2010) afirmou que para eliminar a água de um alimento, alguns fatores são dependentes, como, principalmente a temperatura, o teor de água do produto e a capacidade do ar de secagem. Observa-se que

na temperatura de 80 °C ocorre os menores tempos de secagem, em cada espessura, com a menor exposição da amostra aos efeitos do calor, bem como o gasto de energia no processo.

Com o aumento da temperatura se eleva a energia cinética do sistema e com isto ocorre a diminuição das forças de atração entre as moléculas de água e os demais constituintes do material, conduzindo a um decréscimo da umidade (CASTIGLIONI et al., 2013).

Tempos de secagem inferiores para as mesmas condições de temperatura e espessura foram encontrados por Madureira et al. (2011) nas temperaturas de 60 e 70 °C, com tempos de secagem de 540 e 510 min, respectivamente, na secagem da polpa de figo da índia com adição de 25% de amido modificado e com espessura da camada de 1,0 cm. Estas diferenças se devem basicamente as características físico-químicas de cada matéria-prima e do tipo de aditivo e da concentração utilizada.

Outros tempos de secagem menores foram encontrados por Campelo (2009) cerca de 90 minutos, na secagem em camada de espuma da polpa de figo-da-índia, com adição de 2% de Emustab, 0,5% de Super Liga Neutra e 5% de extrato de soja, com espessura da camada de espuma de 0,4 cm e temperatura de 90 °C; e por Bastos et al. (2005) para a polpa de manga cv. Tommy Atkins utilizando o processo de secagem em camada de espuma com espessura da camada de 0,5 cm e temperaturas de 70 e 85 °C obtendo os tempos de secagem de 240 e 150 minutos, respectivamente; e por Pê et al. (2016) para a polpa de caqui desidratada pelo método de secagem em camada de espuma com espessura da camada de 1,0 cm e temperatura de 70 °C com o tempo necessário para atingir o teor de água de equilíbrio de 120 min.

Nas Tabelas 4.5, 4.6 e 4.7 têm-se os parâmetros dos modelos matemáticos Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado, ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem da Formulação F4, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e espessuras das camadas de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm, com os respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM). Verifica-se nestas tabelas que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem da Formulação 4 em todas as espessuras das camadas e em todas as temperaturas, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 \geq 0,9867$) e os menores desvios quadráticos médios (DQM), variando entre 0,0186 a 0,0370, indicando que este modelo representa satisfatoriamente o fenômeno de secagem da mistura das polpas de melancia com acerola. Bons ajustes com o modelo de Page também foram detectados por Madureira

et al. (2011) nas curvas de cinética de secagem da polpa do figo da Índia com 25% de amido modificado, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C; por Medeiros (2007) para as curvas de secagem da mangaba ($R^2 \geq 0,99$).

Constata-se também que os modelos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Lewis e Henderson e Pabis modificado também podem ser usados com boa precisão na estimativa das curvas de secagem da Formulação F4, por apresentarem $R^2 \geq 0,96$ e $DQM \leq 0,0680$. Silva et al. (2008) ao ajustarem os modelos de Page e de Henderson e Pabis aos dados experimentais da cinética de secagem em camada de espuma da polpa de tamarindo, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, verificaram para esses modelos valores de $R^2 \geq 0,9699$ e $DQM \leq 0,05879$.

Observa-se que os parâmetros k , k_0 , k_1 dos modelos de Henderson e Pabis modificado, Henderson e Pabis e Lewis aumentaram com o aumento da temperatura de secagem. O valor de k depende do tipo de produto, da temperatura de secagem e do teor de água (GUEDES e FARIA, 2000). k representa o efeito das condições externas de secagem, como exemplo dessas condições tem-se a temperatura e umidade relativa, os quais influenciam o processo de secagem durante qualquer fase de difusão de água, uma vez que a remoção de água do produto depende da diferença entre as características do ar de secagem e o produto de secagem (MARTINAZZO et al., 2016).

O aumento da constante de secagem k do modelo de Henderson e Pabis com o aumento da temperatura de secagem, para uma mesma espessura da camada, foi constatado também por Sousa et al. (2017) ao ajustarem este modelo as curvas de cinética de secagem da polpa de pequi (50-80 °C); e por Galdino et al. (2016) no ajuste das curvas de cinética de secagem em camada de espuma da polpa de atemoia (60-80 °C). A constante de secagem k

A constante de secagem k geralmente aumenta com o incremento da temperatura de secagem, em razão de que há uma maior quantidade de calor transferido do ar para o material e, conseqüentemente, há um aumento na velocidade de migração da água de dentro do produto para a superfície (COSTA et al., 2016).

Observa-se para o modelo de Page que o parâmetro n aumentou com o aumento da temperatura em todas as espessuras das camadas de espuma. A constante n do modelo de Page reflete a resistência interna do produto à secagem (CORADI et al., 2016). Diante disso, nota-se que a maior resistência interna do produto ocorreu na maior temperatura de secagem. Uma provável hipótese para ter ocorrido este comportamento pode ter sido em decorrência de uma película formada na superfície da camada, em razão da grande

quantidade de açúcares da amostra que dificultava a eliminação da água para o ambiente. O aumento da constante n com o aumento da temperatura também foi verificado por Guimarães et al. (2017) entre a temperatura de 50 e 60 °C quando ajustaram o modelo de Page as curvas de secagem em camada de espuma da polpa de manga com espessura da camada de 0,5 cm, indicando um aumento da resistência do produto à secagem; e por Galdino et al. (2016) no ajuste do modelo de Page as curvas de cinética de secagem em camada de espuma da polpa de atemoia com espessuras das camadas de 0,5 e 1,0 cm.

Tabela 4.5 - Parâmetros dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado ajustados as curvas de secagem da Formulação F4 com espessura da camada de 0,5 cm com seus respectivos coeficientes de determinação (R²) e desvios quadráticos médios (DQM)

Modelo	T (°C)	Parâmetros						R ²	DQM
		a	k	B	k ₀	c	k ₁		
Henderson e Pabis	60	0,3435	0,0076	0,3437	0,0076	0,3431	0,0076	0,9910	0,0319
	70	0,3524	0,0124	0,3524	0,0124	0,3524	0,0124	0,9824	0,0482
Modificado	80	0,3553	0,0153	0,3553	0,0153	0,3553	0,0153	0,9784	0,0535
Dois Termos	T (°C)	a	k₀	b	k₁	R²	DQM		
	60	0,5283	0,0076	0,5020	0,0076	0,9910	0,0319		
	70	0,5298	0,0124	0,5275	0,0124	0,9824	0,0482		
	80	0,5232	0,0082	0,5341	0,0082	0,9784	0,0535		
Henderson e Pabis	T (°C)	A		k		R²	DQM		
	60	1,0303		0,0076		0,9910	0,0319		
	70	1,0573		0,0124		0,9824	0,0482		
	80	1,0662		0,0153		0,9784	0,0535		
Page	T (°C)	k		n		R²	DQM		
	60	0,0029		1,1870		0,9969	0,0186		
	70	0,0025		1,3393		0,9951	0,0254		
	80	0,0027		1,3849		0,9940	0,0284		
Lewis	T (°C)	k				R²	DQM		
	60	0,0073				0,9894	0,0346		
	70	0,0116				0,9784	0,0534		
	80	0,0142				0,9732	0,0597		

Tabela 4.6 - Parâmetros dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado ajustados as curvas de secagem da Formulação F4 com espessura da camada de 1,0 cm com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM)

Modelo	T (°C)	Parâmetros						R ²	DQM
		a	k	B	k ₀	c	k ₁		
Henderson e Pabis	60	0,3438	0,0041	0,3438	0,0041	0,3438	0,0041	0,9868	0,0388
	70	0,3491	0,0057	0,3491	0,0057	0,3491	0,0057	0,9850	0,0439
Modificado	80	0,3521	0,0082	0,3521	0,0082	0,3530	0,0082	0,9687	0,0593
	T (°C)	a	k₀	b	k₁	R²	DQM		
Dois Termos	60	0,5108	0,0040	0,5108	0,0040	0,9862	0,0398		
	70	0,5377	0,0057	0,5136	0,0057	0,9850	0,0439		
	80	0,5215	0,0082	0,5341	0,0082	0,9687	0,0593		
	T (°C)	A		k	R²	DQM			
Henderson e Pabis	60	1,0363		0,0042	0,9869	0,0385			
	70	1,0513		0,0057	0,9850	0,0439			
	80	1,0573		0,0082	0,9687	0,0593			
	T (°C)	k		n	R²	DQM			
Page	60	0,0012		1,2285	0,9956	0,0225			
	70	0,0013		1,2613	0,9959	0,0230			
	80	0,0010		1,4203	0,9909	0,0310			
	T (°C)		k		R²	DQM			
Lewis	60		0,0040		0,9942	0,0428			
	70		0,0054		0,9808	0,0496			
	80		0,0077		0,9634	0,0680			

Tabela 4.7 - Parâmetros dos modelos matemáticos de Dois Termos, Henderson e Pabis, Page, Lewis e Henderson e Pabis modificado ajustados as curvas de secagem da Formulação F4 com espessura da camada de 1,5 cm com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM)

Modelo	T (°C)	Parâmetros						R^2	DQM
		a	k	B	k_0	c	k_1		
Henderson e Pabis Modificado	60	0,3375	0,0026	0,3375	0,0025	0,3375	0,0025	0,9791	0,0463
	70	0,3512	0,0044	0,3498	0,0044	0,3498	0,0044	0,9798	0,0345
	80	0,3562	0,0067	0,3562	0,0067	0,3562	0,0067	0,9769	0,0531
Dois Termos	T (°C)	a	k_0	b	k_1	R^2	DQM		
	60	0,5073	0,0026	0,5094	0,0026	0,9792	0,0463		
	70	0,5217	0,0043	0,5217	0,0043	0,9796	0,0329		
	80	0,5324	0,0068	0,5380	0,0068	0,9769	0,0528		
Henderson e Pabis	T (°C)	A		k		R^2	DQM		
	60	1,0167		0,0026		0,9792	0,0463		
	70	1,0517		0,0044		0,9798	0,0348		
	80	1,0704		0,0068		0,9769	0,0528		
Page	T (°C)	k		n		R^2	DQM		
	60	0,0010		1,1668		0,9867	0,0370		
	70	0,0008		1,3019		0,9937	0,0209		
	80	0,0007		1,4331		0,9943	0,0247		
Lewis	T (°C)	k				R^2	DQM		
	60	0,0025				0,9784	0,0471		
	70	0,0042				0,9750	0,0384		
	80	0,0062				0,9703	0,0602		

Na Figura 4.3 estão apresentados os dados experimentais da cinética de secagem da Formulação F4, nas temperaturas de secagem de 60; 70 e 80 °C e com espessuras da camada de espuma de 0,5; 1,0 e 1,5 cm, e as curvas ajustadas com o modelo de Page. Conforme já observado, o tempo de secagem decresce com o aumento da temperatura e com a diminuição da espessura da camada da espuma. Comportamento semelhante foi observado por Baptistini et al. (2015) nas curvas de secagem da espuma de graviola para a faixa de temperatura de 40 a 80 °C; e por Melo et al. (2013) na secagem em camada de

espuma da polpa de mandacaru nas temperaturas de 70; 80, e 90 °C e com três diferentes espessuras de camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm).

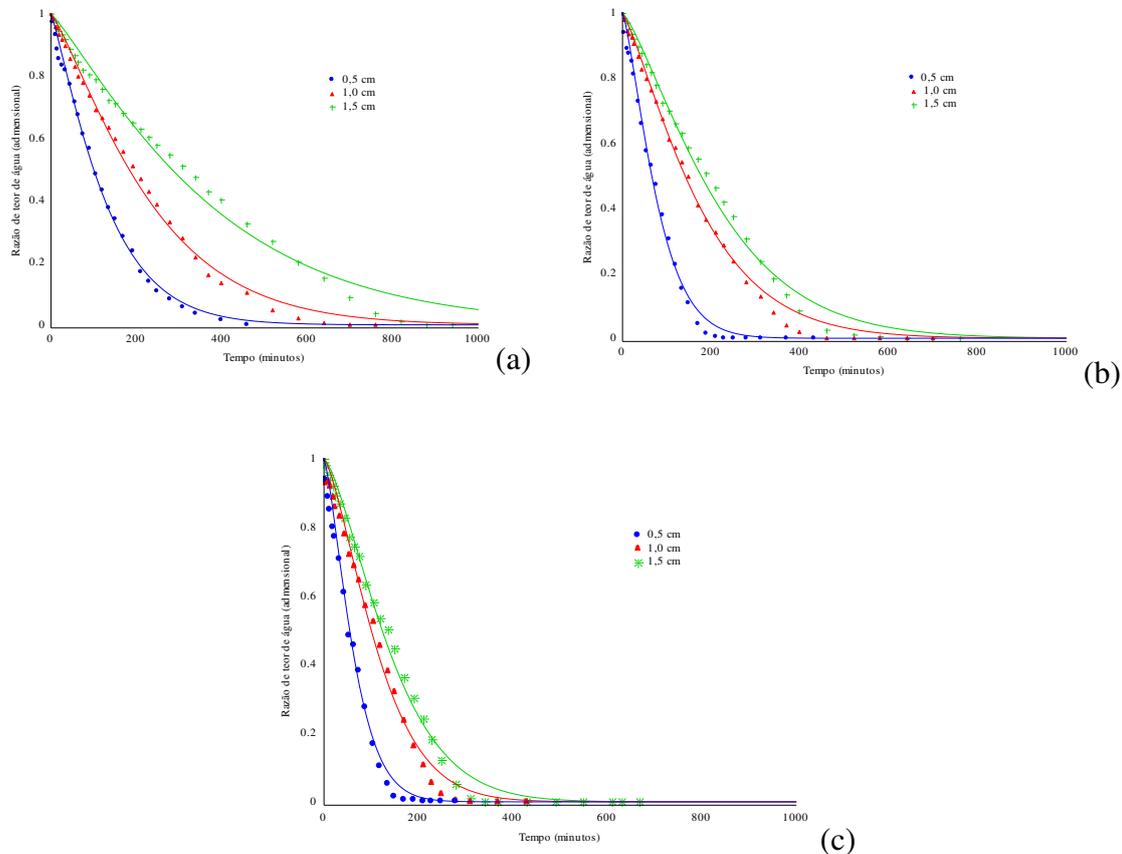


Figura 4.3 - Curvas de cinética de secagem da Formulação F5 nas diferentes espessuras das camadas de espuma (0,5, 1,0 e 1,5 cm) e temperaturas de (a) 60 °C, (b) 70 °C e (c) 80 °C com ajustes pelo modelo de Page

Observa-se que todas as curvas foram influenciadas pela espessura da camada de espuma e pelo aumento da temperatura, com a redução gradativa nos tempos de secagem para todas as espessuras da camada de espuma, e que a perda de água é mais rápida no início do processo de secagem.

Observa-se que quanto menor a espessura maior a inclinação das curvas, indicando que há uma maior transferência de água do produto para o ambiente, com maior taxa de secagem.

Na Figura 4.3a, observa-se que a diferença de 5 h entre o tempo de secagem da camada com 0,5 cm e 1,0 cm promoveu um distanciamento entre as curvas, mostrando claramente que a camada com 0,5 cm secou mais rapidamente e que a camada com 1,5 demorou mais tempo, cerca de 3 h a mais do que a camada com 1,0 cm, com uma

diferença no tempo de 8 h em relação a camada com 0,5 cm. O tempo de secagem na espessura da camada de 1,5 cm foi cerca de 104% a mais do que na espessura de 0,5 cm.

Na Figura 4.3b, observa-se que a distâncias entre as curvas das camadas com 1,0 e 1,5 cm é menor, com uma diferença no tempo de secagem de apenas 2 h. Enquanto que entre as camadas de 0,5 e 1,5 cm a diferença do tempo de secagem foi de 6,5 h.

Em relação a Figura 4.3c, verifica-se um comportamento semelhante ao da Figura 3.4b, percebe-se também uma aproximação entre as curvas das camadas com 1,0 e 1,5 cm, com diferenças entre os tempos de secagem de 3,33 h. Entre a camada de 0,5 e 1,5 cm a diferença entre os tempos de secagem foi de 5,83 h.

4.4 - Caracterização química, física e físico-química dos pós da Formulação F4

Nas Tabelas 4.8 a 4.40 encontram-se os valores médios dos parâmetros avaliados nos pós obtidos a partir da espuma da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina) seguida da secagem em camada de espuma nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C e espessuras da camada de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm.

Observa-se na Tabela 4.8 que o aumento da temperatura promoveu uma tendência de redução no teor de água em todas as espessuras da camada de espuma e que o aumento da espessura da camada promoveu uma tendência de aumento no teor de água nas temperaturas estudadas. O pó que apresentou o menor teor de água foi a amostra secada na temperatura de 80 °C e com espessura da camada de espuma de 0,5 cm, no entanto, observa-se que não houve diferença significativa entre esta média e os teores de água das amostras desidratadas com camadas de 1,0 e 1,5 cm de espessura.

Tabela 4.8 - Valores médios do teor de água (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	13,11 aB	13,86 aAB	14,22 aA
70	12,32 abB	13,37 abA	13,83 abA
80	12,06 bA	12,41 bA	13,05 bA

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,02; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,02; Média geral = 13,14%; Coeficiente de variação = 3,74%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Galdino et al. (2003) encontraram para o pó de umbu também desidratado pelo processo de secagem em camada de espuma, valor de 16,75%, ou seja, superiores aos valores deste trabalho, médias inferiores foram determinadas por Breda et al. (2013) com valores que variaram entre 5,43 a 7,28% em pós da polpa de cajá manga produzidos pelo processo de secagem em camada de espuma e por Menezes et al. (2009) para o pó da polpa de acerola verde desidratada em estufa, com teor de água de 11,37% e de 10,67% para as amostras liofilizadas. O baixo teor de água minimiza o desenvolvimento de microrganismos e conseqüentemente, aumenta a estabilidade do produto durante o armazenamento.

Na Tabela 4.9 estão apresentados os valores médios do rendimento da Formulação F4 em pó produzida nas temperaturas de secagem de 60, 70 e 80 °C e espessuras das camadas de espuma de 0,5, 1,0 e 1,5 cm.

Observa-se que houve uma tendência de aumento do rendimento com o aumento da temperatura de secagem em todas as espessuras das camadas de espuma; e com o aumento da espessura da camada também houve uma tendência de aumento do rendimento em todas as temperaturas. Constata-se que o maior rendimento foi detectado na temperatura de 80 °C e com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, apresentando rendimento médio de 12,17%.

Tabela 4.9 - Valores médios do rendimento (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	9,05 bB	9,65 bA	10,07 bA
70	9,44 bB	9,86 bAB	10,19 bA
80	10,78 aB	11,02 aB	12,17 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,47; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,47; Média geral = 10,24%; Coeficiente de variação = 2,21%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Rendimentos próximos foram encontrados por Pontes Junior et al. (2015) para o pó da polpa de acerola com leite de arroz e para o pó da polpa de acerola com leite de vaca, desidratados em leite de jorro com rendimentos de 12,79 e 9,14%, respectivamente.

Valores superiores de rendimentos foram quantificados por Sousa (2016) para pós de pequi oriundos da secagem em camada de espuma em diferentes temperaturas (50, 60, 70 e 80 °C) e espessuras da camada de espuma (0,5, 1,0 e 1,5 cm), apresentando o maior rendimento na temperatura de 50 °C (camadas de 1,0 e 1,5 cm) e o menor na temperatura de 60 °C (camada de 1,5 cm) com valores de 20,31 a 22,79%; por Silva Filho (2012) para os pós de manga produzidos através da secagem em camada de espuma da polpa de manga Haden em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) e espessuras (0,5; 1,0 e 1,5 cm), cujos rendimentos variaram entre 17,08 e 19,39%, e que aumentaram com o aumento da temperatura de secagem; por Moura (2015) para as polpas de pitaya com polpa branca e com polpa vermelha liofilizadas com diferentes concentrações de maltodextrina (15 a 30%) em que os pós apresentaram rendimentos variando entre 16,43 e 37,92%, com o rendimento aumentando com o aumento da concentração de maltodextrina.

Feitosa (2014) também observou que o rendimento dos pós produzidos na secagem por aspersão da polpa de murta com maltodextrina e coletados na câmara de secagem aumentou com o aumento da temperatura de secagem (150, 170 e 190 °C) com valores variando entre 8,84 e 10,78%.

De acordo com León-Martínez et al. (2010) o maior rendimento pode ser atribuído à adição de agentes carreadores e as temperaturas do ar de secagem mais elevadas, o que resulta em tempos de secagem mais rápidos e maior produtividade do pó. Fazaeli et al. (2012) também relataram que altas temperaturas de secagem são benéficas sobre o rendimento do processo, por ter uma maior eficiência na transferência de calor e com isso diminui a probabilidade das partículas ficarem grudadas na parede da câmara de secagem.

De forma geral, os valores de rendimento deste trabalho foram pequenos o que pode ter sido em razão da perda do produto que fica aderido nas bandejas, ocasionando diminuição no rendimento que por sua vez se deve as condições de secagem, aditivos e características químicas e físico-químicas da matéria-prima principalmente a elevada quantidade de açúcares.

Verifica-se na Tabela 4.10 que todos os pós apresentaram pH menor que 4,5 e maior do que 3,7, sendo classificados como alimentos ácidos, indicando que esse produto oferece maior dificuldade para multiplicação de fungos e bactérias. Observa-se que houve uma tendência de aumento do pH com o aumento da temperatura de secagem, em todas as

espessuras. Com relação ao aumento da espessura da camada constata-se nas temperaturas de 60 e 80 °C que não houve um comportamento padrão do pH e na temperatura de 70 °C tem-se uma pequena tendência de redução do pH.

Ramos et al. (2008) encontraram um pH de 3,99 em abacaxi desidratado em secador de bandejas, sendo relatado que o pH do abacaxi desidratado não alterou em relação ao abacaxi *in natura*, mostrando que a redução no conteúdo de água não interferiu no potencial hidrogeniônico do alimento. Observa-se no presente estudo que o pH dos pós apresentaram valores próximos ao da mistura das polpas (Tabela 4.1), sendo que as pequenas diferenças provavelmente se devem a adição da Liga Neutra, Emustab e pectina e da temperatura de secagem.

Tabela 4.10 - Valores médios do pH dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	3,69 bB	3,76 bA	3,61 bC
70	3,91 aA	3,76 bB	3,72 aB
80	3,90 aB	4,03 aA	3,77 aC

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,06; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,06; Média geral = 3,79%; Coeficiente de variação = 0,86%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se na Tabela 4.11 que os menores valores de acidez (2,19 a 2,27% dos pós foram obtidos quando submetidos a menor temperatura de secagem (60 °C). Constata-se uma tendência de aumento da acidez com o aumento da temperatura de secagem, em todas as espessuras. E também se verifica tendência de aumento da acidez com o aumento da espessura da camada, em todas as temperaturas. Valores de acidez superiores foram encontrados por Menezes et al. (2009) para a polpa de acerola secada em estufa com teor de 7,68% e de 8,50% para a polpa liofilizada. Estas diferenças se deve em razão de que no presente estudo foi avaliado o pó da polpa mista de acerola com melancia e aditivos, além dos métodos de secagem serem diferentes. A acidez menor dos pós da mistura de acerola com melancia pode apresentar vantagem no seu uso, pois há um balanceamento da elevada

acidez da polpa de acerola integral, quando estes pós forem reconstituídos ou utilizados como ingrediente alimentar (SOARES et al, 2001; ROCHA, 2013).

Observa-se que houve uma concentração da acidez nos pós em relação à acidez da mistura (Tabela 4.1), em razão da redução do teor de água com a secagem.

Tabela 4.11 - Valores médios da acidez total titulável (% ácido cítrico) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	2,19 cA	2,23 bA	2,27 bA
70	4,34 bB	4,62 aA	4,70 aA
80	4,55 aB	4,68 aAB	4,78 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,15; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,15; Média geral = 3,82%; Coeficiente de variação = 1,96%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se na Tabela 4.12 que a atividade de água diminuiu com o aumento da temperatura de secagem e aumentou com o aumento da espessura da camada de espuma.

Tabela 4.12 - Valores médios da atividade de água dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	0,317 aC	0,336 aB	0,384 aA
70	0,283 bC	0,306 bB	0,344 bA
80	0,232 cC	0,278 cB	0,311 cA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,00; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,00; Média geral = 0,310 % glicose; Coeficiente de variação = 1,40%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com isso, constata-se que o maior valor da atividade de água foi no pó obtido na secagem a 60 °C e com espessura da camada de 1,5 cm e o menor na temperatura de 80 °C

com 0,5 cm de espessura. Lima et al. (2016) encontraram valores próximos de atividade de água entre 0,208 e 0,350 para pós de melancia obtidos na secagem em leito de jorro.

Uma das principais vantagens da secagem está na garantia da estabilidade, por meio da redução da atividade de água, portanto quanto menor esse parâmetro, mais seguro o produto (ROCHA, 2013). Arya et al. (1985) relataram que a faixa de atividade de água da melancia em pó liofilizada entre 0,22 e 0,25 foi a mais adequada para uma maior vida útil, e que para valores de a_w acima de 0,33 houve aglomeração e descoloração do produto.

Entretanto, considera-se a $a_w = 0,60$ como sendo o limite mínimo capaz de permitir o desenvolvimento de microrganismos, daí o fato dos alimentos desidratados serem microbiologicamente estáveis (BARUFFALDI e OLIVEIRA, 1998). Então, de acordo com estes autores todos os pós mistos de acerola com melancia podem ser considerados microbiologicamente estáveis.

Tem-se na Tabela 4.13 os valores médios das cinzas das amostras em pó, verifica-se que os maiores valores (5,57 a 5,70%) se concentraram na temperatura de 80 °C em todas as espessuras das camadas, diferindo significativamente dos resultados de cinzas nas temperaturas de 60 e 70 °C em todas as espessuras das camadas. Estas diferenças se devem ao teor de água que foram menores na temperatura de 80 °C, concentrando desta forma o teor de cinzas.

Tabela 4.13 - Valores médios das cinzas (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	2,53 bA	2,52 bA	2,40 bA
70	2,61 bA	2,65 bA	2,69 bA
80	5,70 aA	5,57 aA	5,66 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,55; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,55; Média geral = 3,59; Coeficiente de variação = 7,41%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O conteúdo de cinzas da polpa de atemoia em estudo realizado por Sousa et al. (2015) se mostrou menor que o do relatado neste estudo, com valor de 0,97%. Valores de cinzas dentro da faixa dos pós da Formulação F4 foram encontrados por Soares et al.

(2001) para a polpa de acerola desidratada com teor de 3,41%; por Breda et al. (2013) para os pós de cajá-manga, obtidos da secagem em camada de espuma com valores entre 2,49 e 2,60%; e por Dantas (2010) com teores de cinzas de 2,22 e 2,37% para pós de abacaxi e de manga, respectivamente.

Na Tabela 4.14, observa-se nas espessuras das camadas de 0,5 e 1,0 cm que houve redução da luminosidade com o aumento da temperatura, indicando aumento do escurecimento. Quek et al. (2007) também observaram uma diminuição da luminosidade com o aumento da temperatura (74,63 a 145 °C e 66,91 a 175 °C) na secagem de suco de melancia em secador por aspersão, sendo atribuída esta diminuição a um possível escurecimento provocado pelo açúcar presente no produto. Na temperatura de 60 °C houve tendência de redução da luminosidade com o aumento da espessura, enquanto que na temperatura de 70 °C o comportamento foi inverso, e na temperatura de 80 °C não houve um comportamento padrão. Diante destes resultados verifica-se que a luminosidade é influenciada pelo tempo de secagem a que as amostras são expostas, que depende da temperatura e da espessura.

Tabela 4.14 - Valores médios da luminosidade (L*) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	53,68 aA	53,76 aA	48,80 bB
70	49,57 bC	52,97 bB	53,78 aA
80	43,25 cC	50,74 cA	47,03 cB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,75; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,75; Média geral = 50,40; Coeficiente de variação = 0,71%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Nota-se que na temperatura de 80 °C com a camada de 0,5 cm obteve-se o menor valor da luminosidade (43,25), indicando que foi a amostra mais escura, o que pode ser explicado em razão de ser a maior temperatura e a menor espessura o que pode ter contribuído para a maior degradação dos pigmentos presentes na mistura. O maior valor da luminosidade (53,78) foi encontrado na temperatura de 70 °C e espessura de 1,5 cm.

Valor de luminosidade próximo foi encontrado por Silva et al. (2005) em umbu- cajá em pó com valor de 46,27; e valores inferiores foram encontrados por Barbosa (2010) de 39,86 a 42,13 em em pós de misturas de cajá, manga e mamão. Solval et al. (2012), em contrapartida, relataram que não houve uma relação clara entre o aumento da temperatura de secagem da polpa de melão no secador por aspersão e a luminosidade, obtendo valores de L* entre 89,06 a 94,53.

Tem-se na Tabela 4.15 os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) dos pós da Formulação F4. Verifica-se que na espessura de 0,5 cm houve um aumento significativo da intensidade de vermelho com o aumento da temperatura, e nas demais espessuras não houve um comportamento padrão. Na temperatura de 60 °C, observa-se uma tendência de aumento de +a* com o aumento da espessura e na temperatura de 80 °C uma redução com o aumento da espessura.

No caso do presente estudo, verifica-se que houve redução de +a* nos pós em relação a mistura da polpa de acerola com melancia (1:1) antes da secagem. Ferrari et al. (2012) obtiveram valores de +a* entre 13,60 e 19,79 em suco de amora-preta em pó (desidratados por atomização). Cruz (2013) observou em suco de goiaba em pó, valores de +a* entre 17,58 e 18,22, não apresentando diferença significativa com o aumento da temperatura (60, 70 e 80°C).

Tabela 4.15 - Valores médios da intensidade de vermelho (+a*) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	18,95 cB	19,10 cB	19,99 abA
70	19,91 bB	20,95 aA	20,10 aB
80	20,70 aA	20,35 bB	19,76 bC

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,31; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,31; Média geral = 19,97; Coeficiente de variação = 0,75%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se na Tabela 4.16 que os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) dos pós da Formulação F4 nas temperaturas de 60 e 70 °C apresentaram tendência de aumento com o aumento da espessura da camada; e na espessura de 1,0 cm também houve

tendência de aumento com o aumento da temperatura. Nas demais condições não houve um comportamento padrão. Valores inferiores de $+b^*$ foram determinados por Pedro (2009) em polpa de maracujá em pó atomizada com valor de $+b^*$ de 25,29; e por Silva et al. (2005) com valor de 28,00 em umbu-cajá em pó

Constata-se que houve aumento de $+b^*$ nos pós da Formulação F5 com relação a mistura da polpa de acerola com melancia (1:1) antes da secagem. Ramos et al. (2008) também verificaram aumento da coordenada b^* de 22,62 no abacaxi in natura para 31,9 em fatias de abacaxi desidratadas, em razão do processo de aquecimento que foi responsável por aumentar a tonalidade amarela.

Tabela 4.16 - Valores médios da intensidade de amarelo ($+b^*$) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	35,98 cB	37,55 bA	38,10 cA
70	38,94 aB	40,23 aA	40,80 aA
80	37,58 bC	40,80 aA	39,55 bB

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,11; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,11; Média geral = 38,84; Coeficiente de variação = 1,37%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.17 tem-se os valores médios das proteínas dos pós da Formulação F4, observa-se na espessuras da camada com 0,5 cm que existe uma tendência de redução do teor de proteínas com o aumento da temperatura, entretanto nas espessuras de 1,0 e 1,5 cm não houve diferença significativa entre os valores médios do teor de proteínas com o aumento da temperatura.

Na temperatura de 60 °C, constata-se que com o aumento da espessura houve tendência de redução das proteínas; nas temperaturas de 70 e 80 °C não houve diferença significativa em relação ao aumento da espessura da camada.

Breda et al. (2013) verificaram para o cajá-manga em pó valores de proteínas muito inferiores, entre 0,05 e 0,06%, tendo sido ressaltado sobre a possibilidade de ter havido a desnaturação das proteínas ao serem submetidas à temperatura de secagem de 70 °C. Oliveira et al. (2006) também encontraram valor médio geral das proteínas (2,18%) da

pitanga em pó inferior. Contudo, Soares et al. (2001) verificaram para a acerola desidratada pelo método de secagem em camada de espuma um valor médio de proteínas de 9,05%, superando os valores encontrados neste estudo.

Considerando que o teor de proteínas da mistura dapolpa de acerola com a polpa de melancia (1:1) antes da secagem foi de 0,8%, observa-se que houve a concentração desse macronutriente nas amostras em pó, proporcionada pela perda de água durante o processo de secagem (CELESTINO, 2010).

Tabela 4.17 - Valores médios das proteínas dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	5,77 aA	5,57 aAB	5,41 aB
70	5,35 bA	5,55 aA	5,45 aA
80	5,47 bA	5,28 aA	5,36 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,29; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,29; Média geral = 5,47; Coeficiente de variação = 2,57%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.18 tem-se os valores médios dos teores de ácido ascórbico dos pós da Formulação F4. Verifica-se que os valores médios do ácido ascórbico ficaram concentrados nos pós da Formulação F4 em relação à polpa mista (Tabela 4.1).

Constata-se que nas espessuras das camadas de 1,0 e 1,5 cm o ácido ascórbico reduziu com o aumento da temperatura de secagem, estas reduções foram de 23,91 e 11,46%, respectivamente. Na espessura de 0,5 cm houve redução do teor de ácido ascórbico da temperatura de 60 °C para 80 °C de cerca de 13,48%. Provavelmente estas menores perdas de ácido ascórbico nas maiores temperaturas de secagem se devem ao menor tempo de secagem proporcionando uma menor oxidação do ácido ascórbico.

Observa-se, em todas as temperaturas, que com o aumento da espessura houve elevação dos teores de ácido ascórbico. Este comportamento pode ter ocorrido em razão de que em espessuras maiores as camadas intermediárias ficam menos expostas ao efeito direto da temperatura de secagem, proporcionando menores perdas.

Tabela 4.18 – Valores médios dos teores de ácido ascórbico (mg/100 g) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	2459,92 bC	2912,18 aB	3257,56 aA
70	2670,20 aC	2726,73 bB	3189,76 bA
80	2128,40 cC	2215,98 cB	2884,34 cA

Desvio mínimo significativo para colunas = 26,71; Desvio mínimo significativo para linhas = 26,71; Média geral = 2714,53; Coeficiente de variação = 0,47%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Segundo Alves (2003) e Jinescu et al. (2004) a vitamina C é, provavelmente, a mais sensível de todas as vitaminas contidas nos alimentos, sendo rapidamente destruída durante a desidratação em altas temperaturas.

A oxidação do ácido ascórbico é influenciada principalmente pela elevação da temperatura, entretanto essa vitamina pode ser facilmente oxidada em soluções aquosas, na presença de oxigênio e de íons de metálicos (especialmente Cu²⁺ e Fe³⁺) e em pH alcalino, entre outros fatores (LEE e KADER, 2000).

Valores inferiores de ácido ascórbico foram determinados por Silva et al. (2008) no pó da polpa de tamarindo produzido pelo processo de secagem em camada de espuma a 70 °C, com teor de 23,54 mg/100 g de vitamina C; por Gomes et al. (2002) no pó de acerola produzido em leite de jorro a 70 °C, com teor de 81,91 mg/100 g; por Galdino et al. (2003) para o umbu em pó obtido pelo processo de secagem em camada de espuma a 70 °C com teor de 178,05 mg/100 g; por Dantas et al. (2009) para os pós das misturas de polpas de manga, seriguela e umbu e aditivos desidratadas em leite de jorro a 70 °C, com valores médios de ácido ascórbico de 15,99 mg/100 g e 16,16 mg/100 g.

Tem-se na Tabela 4.19 os valores médios dos açúcares redutores dos pós da Formulação F4. Observa-se que os valores dos açúcares redutores aumentaram com o aumento da temperatura e diminuíram com o aumento da espessura da camada. Nota-se que a maior concentração dos açúcares redutores (37,11 % de glicose) foi na espessura de 0,5 cm e temperatura de 80 °C e a menor concentração na temperatura de 60 °C com espessura de 1,5 cm.

Nos pós observa-se que houve concentração dos açúcares redutores em relação à polpa mista antes da secagem (Tabela 4.1). Este acréscimo decorre principalmente da eliminação de parte da água do produto no processo de secagem. Freitas e Jeronimo (2005) também verificaram a elevação da concentração dos açúcares redutores no tomate em pó, quando comparada com o teor nos tomates in natura.

Tabela 4.19 - Valores médios dos açúcares redutores (% de glicose) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	26,27 cA	24,42 cB	22,99 cC
70	32,51 bA	29,22 bB	28,82 bC
80	37,11 aA	35,56 aB	34,35 aC

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,25; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,25; Média geral = 30,13; Coeficiente de variação = 0,40%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Valores próximos dos açúcares redutores foram quantificados por Bezerra (2009) em pós de manga produzidos em secador por aspersão com teores que variaram de 29,14 a 36,32% glicose. Teores superiores foram verificados por Pereira et al. (2006) em tomate em pó, secado a 70 °C em secador de bandejas, com elevada concentração de açúcares redutores (43,31% de glicose); e por Breda et al. (2013) em pós de cajá-manga secada em camada de espuma com valores variando de 38,29 a 47,49% de glicose.

Os açúcares redutores tem grande importância tecnológica, pois participam da reação de *Maillard*, sendo necessárias determinadas condições para que estes açúcares produzam pigmentos marrons que são desejáveis ou não para determinados alimentos (ALONSO, 2013).

Na Tabela 4.20 tem-se os valores dos açúcares totais dos pós da Formulação F4. Verifica-se que a maior concentração dos açúcares totais foi na temperatura de 80 °C com de espessura da camada de 0,5 cm, e foi nestas condições onde constatou-se o menor teor de água; e a menor concentração dos açúcares totais ocorreu na temperatura de 60 °C com espessura de 1,5 cm, acompanhando o mesmo comportamento dos açúcares redutores.

Verifica-se que com o aumento da temperatura de secagem ocorreu o aumento dos açúcares totais em todas as espessuras e com o aumento da espessura houve redução nestes teores, indicando a influencia destes dois fatores.

Da mesma forma que nos açúcares redutores houve uma concentração dos açúcares totais nos pós da Formulação F4 em relação à polpa mista antes da secagem (Tabela 4.1).

Tabela 4.20 - Valores médios dos açúcares totais (% de glicose) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	33,21 cA	30,71 cB	28,42 cC
70	43,40 bA	37,39 bB	34,89 bC
80	48,36aA	45,75aB	44,75 aC

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,37; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,37; Média geral = 38,54; Coeficiente de variação = 0,46%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Santos et al. (2015) também verificaram para o pó de caju secado em leito de jorro que o aumento da temperatura (50, 60 e 70 °C) aumentou a concentração dos açúcares totais nos pós, de 24,24 (50 °C) para 28,56% de glicose (70 °C).

Valores próximos dos açúcares totais foram quantificados por Bezerra et al. (2011), para a manga em pó atomizada das variedades Rosa e Tommy Atkins, com teores de 39,42 a 40,47%; por Costa et al. (2007) em pó de abacaxi com teor de 37,33%; e por Costa et al. (2009) para o pó de caju com valor de 30,60%. Camargo et al. (2008) encontraram para o pó da polpa de maracujá-amarelo secada em camada de espuma teores de açúcares totais superior aos resultados obtidos neste trabalho de cerca de 61,84%.

Uma outra hipótese para os valores altos dos açúcares redutores pode ser em razão da presença dos carboidratos nos agentes espumantes, que conseqüentemente contribuíram para o aumento da concentração total de hexoses. Kadam et al. (2011) relataram que na secagem em camada de espuma da tangerina com diferentes concentrações de agentes espumantes (carboximetilcelulose, leite e clara de ovo) verificou-se maiores teores de açúcares.

A adição de estabilizantes, que são moléculas hidrofóbicas atuando sobre a água livre no meio, reduz a mobilidade e aumenta a viscosidade, tendo na sua estrutura geralmente carboidratos naturais ou modificados quimicamente que atuam positivamente nos atributos de qualidade e obviamente provoca a elevação dos açúcares com consequente diminuição na umidade (Atef et al., 2012).

Na Tabela 4.21 tem-se os valores dos açúcares não redutores dos pós da Formulação F4, verifica-se que a maior concentração destes açúcares também foi na temperatura de 80 °C com espessura da camada de 0,5 cm, como verificado para os açúcares totais e redutores. Também observa-se tendência de aumento dos açúcares não redutores com o aumento da temperatura; e tendência de diminuição com o aumento da espessura da camada. Os açúcares não redutores dos pós também foram concentrados com o processo de secagem, mas apresentaram os menores teores em relação aos açúcares redutores. Valor superior dos açúcares redutores foi encontrado por Oliveira et al. (2011) para o sapoti liofilizado com teor de 15,90%.

Os açúcares não redutores estão envolvidos do processo de caramelização, em particular com a sacarose e na ausência de compostos nitrogenados, favorecendo aos alimentos sabor e aroma (ALONSO, 2013).

Tabela 4.21 - Valores médios dos açúcares não redutores (% de sacarose) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	6,60 bA	5,98 cB	5,16 cC
70	10,35 aA	7,77 bB	5,77 bC
80	10,69 aA	9,69 aB	9,88 aB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,47; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,47; Média geral = 7,98; Coeficiente de variação = 2,85%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.22 tem-se os valores da densidade aparente (g/cm³) dos pós da Formulação F4, verifica-se que com o aumento da temperatura de secagem ocorreu tendência de aumento da densidade aparente; e com o aumento da espessura não houve

diferença estatística nas temperaturas de 60 e 70 °C, mas na temperatura de 80 °C foi observado tendência de aumento da densidade aparente.

O maior valor da densidade aparente (0,3193 g/cm³) foi na temperatura de 80 °C com espessura de 1,5 cm e o menor na temperatura de 60 °C com espessura de 1,0 cm (0,2104 g/cm³).

Valores superiores da densidade aparente foi apresentado por Moura (2015) para os pós de pitaya com valores de 0,48 a 0,59 g/cm³; e por Oliveira et al. (2013) os pós de morango com valores entre 0,40 e 0,52 g/cm³. Valores próximos foram encontrados Dantas et al. (2009), em pós de polpa mista (manga, seriguela e umbu) com valores de 0,29 a 0,21 g/cm³.

Tabela 4.22 - Valores médios da densidade aparente (g/cm³) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	0,2130 bA	0,2104 cA	0,2266 cA
70	0,2347 bA	0,2520 bA	0,2536 bA
80	0,2614 aB	0,3079 aA	0,3193 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,0226; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,0226; Média geral = 0,2532; Coeficiente de variação = 4,29%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.23 estão dispostos os valores da densidade compactada dos pós da Formulação F4, observa-se que houve uma variação de 0,2430 a 0,3804 g/cm³. O maior valor foi encontrado na temperatura de 80 °C com espessura da camada de 1,5 cm. Esses valores foram superiores aos da densidade aparente para a mesma condição de secagem (temperatura e espessura), isso ocorre em razão da redução dos espaços vazios entre as partículas proporcionadas pela compactação dos pós.

Verifica-se que houve uma tendência de aumento da densidade compactada com o aumento da temperatura de secagem; e nas temperaturas de 70 e 80 °C com o aumento da espessura da camada houve tendência de aumento da densidade compactada. Na temperatura de 60 °C não houve diferença significativa entre as médias das diferentes espessuras das camadas.

Valores próximos ao deste trabalho foram apresentados por Dantas et al. (2009) para os pós de polpas mistas de manga, seriguela e umbu com diferentes adjuvantes (amido de milho, pectina cítrica, gordura de palma e oleína de palma) desidratados em leito de jorro a 70 °C, com densidades compactadas de 0,40 g/cm³ e 0,33 g/cm³. Martins (2006) encontrou para pós a base de maltodextrina e óleo de palma densidade compactada com valor superior (0,599 g/cm³) ao encontrada neste estudo.

Tabela 4.23 - Valores médios da densidade compactada (g/cm³) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	0,2454 bA	0,2430 cA	0,2531 cA
70	0,2688 bB	0,2820 bAB	0,3022 bA
80	0,3263 aB	0,3497 aB	0,3804 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,0273; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,0273; Média geral = 0,2949; Coeficiente de variação = 4,44%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4.24 da densidade absoluta dos pós da Formulação F4, verifica-se que houve um aumento com o incremento da temperatura de secagem e com o aumento espessura da camada.

O maior valor da densidade absoluta foi na temperatura de 80 °C com espessura de 1,5 cm (1,2087 g/cm³) e o menor na temperatura de 60 °C com espessura de 0,5 cm (1,0456 g/cm³). Silva Filho (2012) encontrou comportamento inverso da densidade absoluta dos pós da manga Haden secada em camada de espuma, em que com o aumento da temperatura de secagem (50, 60 e 70 °C) e da espessura (0,5; 1,0 e 1,5 cm) ocorreu uma diminuição nos valores médios da densidade.

Resultado próximo foi determinado por Dacanal (2005) de 1,127 g/cm³ para o pó de acerola desidratado em leito fluidizado; e superior por Oliveira et al. (2006) com valor médio de 1,381 g/cm³ para o pó de pitanga produzido em secador por aspersão.

Tabela 4.24 - Valores médios da densidade absoluta (g/cm^3) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	1,0456 cC	1,0849 cB	1,1451 cA
70	1,0958 bC	1,1152 bB	1,1865 bA
80	1,1188 aC	1,1818 aB	1,2087 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,0157; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,0157; Média geral = 1,1313; Coeficiente de variação = 0,67%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na Tabela 4.25 tem-se os valores médios do Fator de Hausner (FH) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos), observa-se que com o aumento da espessura não houve tendência definida do Fator de Hausner; e com o aumento da temperatura só houve tendência de aumento a 80 $^{\circ}\text{C}$. Os resultados variaram entre 1,07 e 1,25, o que de acordo com Quispe-Condori et al. (2011), os pós que apresentam fator de Hausner entre 1,00 e 1,11 são classificadas como de excelente coesividade; entre 1,12 e 1,18 boa coesividade; e entre 1,19 e 1,25 apresentam coesividade razoável. Diante desta classificação o pó com excelente coesividade foi o produzido a 70 $^{\circ}\text{C}$ com espessura de 1,0 cm.

Tabela 4.25 - Valores médios do Fator de Hausner (FH) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	1,15 bA	1,07 aB	1,12 aAB
70	1,15 bA	1,12 aA	1,19 aA
80	1,25 aA	1,14 aB	1,19 aAB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,08; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,08; Média geral = 1,15; Coeficiente de variação = 3,35%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De forma geral, os resultados obtidos para o fator de Hausner nessa pesquisa foram inferiores aos citados por Santhalakshmy et al. (2015) que encontraram para os pós de jambolão produzidos com adição de 25% de maltodextrina em secador por atomização, nas temperaturas de 140, 145, 150, 155 e 160 °C valores do fator de Hausner de 1,57 a 1,72, verificando tendência de redução do fator de Hausner com o aumento da temperatura; e por Souza (2009) avaliando o pó da mistura de umbu e seriguela, da secagem em leito de jorro na temperatura de 70 °C com adição de gordura e oleína de palma, com fator de Hausner de 1,48 e 1,58, respectivamente.

Na Tabela 4.26 tem-se os valores médios do Índice de compressibilidade ou Índice de Carr (IC) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos), observa-se não nas espessuras de 1,0 e 1,5 cm não houve influencia do aumento da temperatura no IC, e na espessura de 0,5 uma tendência de aumento de IC; com o aumento da espessura não foi observado influencia significativa nos valores de IC.

Tabela 4.26 - Valores médios do Índice de compressibilidade ou Índice de Carr (IC) (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	13,20 bA	13,40 aA	10,29 aAB
70	12,57 bA	10,63 aA	16,04 aA
80	19,87 aA	11,89 aB	16,03 aAB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,0608; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,0608; Média geral = 0,1377; Coeficiente de variação = 21,18%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores de IC variaram entre 10,29 a 19,87%, com as maiores médias observadas na temperatura de 80 °C. De acordo com Santhalakshmy et al. (2015), o índice de compressibilidade ou índice de Carr mede a capacidade de fluidez de pós, valores de IC entre 10-20% têm boa fluidez, entre 20-35 fluidez razoável, entre 35-45% fluidez ruim e IC > 45 fluidez muito ruim. Então de acordo com esta classificação os pós das formulações F4 possuem boa fluidez.

Dantas et al. (2009) estudando as propriedades de pós de mistura de frutas (manga, seriguela e umbu) encontraram valores médios para o IC que variaram de 31 a 37%. Zea et

al. (2013) obtiveram valores médios de 34,87% (para o pó de pitaya) e 37,29% (para o mix de pó de goiaba com pitaya). Moura (2015) estudando pós de polpas de pitayas vermelhas com polpa branca (*Hylocereus undatus* Haw. Britton e Rose) e vermelhas com polpa vermelha (*Hylocereus costaricensis* Web. Britton e Rose) encontrou valores para o índice de Carr variando de 24,00 a 34,67%.

Na Tabela 4.27 tem-se os valores médios do ângulo de repouso ($^{\circ}$) dos pós da Formulação F4. O ângulo de repouso ($^{\circ}$) consiste em parâmetro físico com a finalidade de avaliar diretamente a capacidade de um pó em fluir livremente através de um orifício para uma superfície livre. Pós com ângulos de repouso baixos fluem livremente e os que têm ângulos de repouso elevados (> 50) têm fluxo ruim (USP, 2006). O ângulo de repouso dos pós da formulação F4 apresentou escoabilidade insatisfatória, com valores médios acima de 50° , indicando coesividade ou problemas de escoamento. Várias características dos materiais influenciam na escoabilidade, podendo-se citar, entre outras o tamanho das partículas, a aglomeração e umidade do material. Vários fatores podem influenciar a fluidez dos pós, dentre elas o tamanho, formato das partículas e umidade (ALLEN JR; POPOVICH; ANSEL, 2007).

Tabela 4.27 - Valores médios do ângulo de repouso ($^{\circ}$) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura ($^{\circ}$ C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	63,33 aB	64,99 aA	65,55 aA
70	60,36 bB	62,52 bA	63,86 bA
80	59,32 bB	61,97 bA	62,11 cA

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,58; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,58; Média geral = 62,66; Coeficiente de variação = 1,21%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que o aumento da temperatura houve uma tendência de diminuição do ângulo de repouso, favorecendo desta forma, o escoamento destes pós; e com o aumento da espessura da camada houve uma tendência de aumento.

Os menores valores foram identificados na temperatura de 80° C. Silva Filho (2012) verificou para o pó da manga Haden, secado em camada de espuma, que com o

aumento da temperatura de secagem o ângulo de repouso ($^{\circ}$) aumentou de 47° para as três espessuras da camada de espuma 0,5; 1,0 e 1,5 cm na temperatura de 70°C . GOMES (2002) obteve o maior ângulo de repouso com valor médio de $47,22^{\circ}$ para o pó da polpa de acerola secada em leito de jorro.

Na Tabela 4.28 tem-se os valores médios da molhabilidade dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem (60 , 70 e 80°C) e espessuras da camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm). Diante destes valores verifica-se que os pós apresentaram tendência de redução da molhabilidade com o aumento da temperatura; e aumento da molhabilidade com o aumento da espessura. O pó que apresentou maior/melhor molhabilidade foi na temperatura de 60°C com espessura de 1,5 cm.

De forma geral, a medida que a temperatura diminui e a espessura aumenta, menor é o tempo decorrido para a completa molhabilidade do pó, os tempos para a molhabilidade variaram de 5,48 a 7,16 min. Lannes e Medeiros (2003) afirmaram que se 90% da amostra mergulhar no líquido em 5 minutos é um bom parâmetro. Feitosa (2014) verificou para o pó da polpa de murta secada por aspersão tempos inferiores a 4,5 min para ocorrer a molhabilidade de cerca de 1 g de pó obtido nas temperaturas de secagem de 150 e 170°C , enquanto que na temperatura de 190°C os tempos foram iguais ou superiores a 5 min, denotando que em temperaturas menores a molhabilidade foi melhor. Santhalakshmy et al. (2015) ao avaliarem as propriedades físico-químicas do suco de *Syzygium cumini* em pó (25% de maltodextrina), encontraram valores médios de molhabilidade que variaram de 1,37 a 1,93 min.

As propriedades físicas e a composição química podem ter influenciado significativamente na capacidade de umedecimento, como o teor de água, o tamanho e forma das partículas, a temperatura da água de reconstituição, a solubilidade, etc.

Produtos em pó que apresentam baixa molhabilidade tendem a formar grumos durante a adição e mistura com a água. O espaço intersticial apresentado por partículas grandes e de forma irregular favorece a molhabilidade (MAIA e GOLGHER, 1983). O tipo de pó, tamanho das partículas e teor de gordura limita a capacidade de umedecimento (TURCHIULI et al., 2005; FANG et al., 2011). Knight (2001) afirmou que a aglomeração para a molhabilidade é benéfica, porque o aumento do tamanho reduz a resistência, de modo que, em contato com a água, separam-se, em vez de aderir e, conseqüentemente, reduz o tempo de umedecimento.

Chegini e Ghobadian (2005) relataram que o aumento da temperatura de secagem no secador por aspersão (110 a 190 °C) promoveu um aumento no tempo médio da molhabilidade do suco de laranja em pó, e que em razão das altas temperaturas de secagem reduziram o teor de água final do pó isto contribui para a formação de uma camada de superfície dura, impedindo a entrada de água no interior da amostra.

Tabela 4.28 - Valores médios da molhabilidade (g/min) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	0,12 aC	0,16 aB	0,18 aA
70	0,11 bC	0,14 bB	0,16 bA
80	0,11 bC	0,12 cB	0,14 cA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,01; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,15; Média geral = 0,12; Coeficiente de variação = 5,70%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Constata-se na Tabela 4.29 que nas espessuras de 0,5 e 1,0 cm a higroscopicidade manteve-se no mesmo nível com o aumento da temperatura de secagem, e na espessura de 1,0 não houve um comportamento padrão. O menor valor da higroscopicidade foi observado na amostra seca a 70 °C com camada de 1,5 cm, diferindo dos demais resultados.

Com relação ao aumento da espessura, na temperatura de 60 °C não houve um comportamento padrão da higroscopicidade, na temperatura de 70 °C houve uma tendência de redução e na temperatura de 80 °C a higroscopicidade manteve-se no mesmo nível.

A higroscopicidade dos pós da Formulação F4 variou de 25,36 a 28,18%, valores próximos foram quantificados por Ferrari et al. (2012) entre 18,77 e 29,51% de higroscopicidade em sucos em pó de amora-preta com maltodextrina produzidos em secador por atomização; e por Costa et al. (2013) para o suco em pó de maracujá orgânico com um valor de higroscopicidade de 22,82%. Sucos de frutas em pó apresentam glicose e frutose, que por sua vez, são responsáveis por fortes interações com moléculas de água, assim as interações podem influenciar na estabilidade do pó. Alimentos em pó altamente

higroscópicos favorecem a compactação, o que dificulta a utilização desses produtos (CARLOS et al., 2005).

Valores inferiores quanto a higroscopicidade foram determinados por Oliveira et al. (2014) em polpa de cajá integral liofilizada com média de 12,93% liofilizada e de 8,51% para polpa de cajá contendo 17% de maltodextrina, com a adição de maltodextrina resultando em um produto menos higroscópico; e por Severo et al. (2015) que verificaram em polpa de banana em pó obtida pelo método de secagem em camada de espuma higroscopicidade variando entre 8,41 e 9,42%, em que este parâmetro variou em função da temperatura.

Tabela 4.29 – Valores médios da higroscopicidade (g/100 g) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	26,99 aAB	26,14 aB	28,18 aA
70	27,03 aA	26,88 aA	25,36 bB
80	27,45 aA	27,11 aA	27,15 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,31; Desvio mínimo significativo para linhas = 1,31; Média geral = 26,92; Coeficiente de variação = 2,34%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Constata-se na Tabela 4.30 que de maneira geral não houve diferenças significativas entre as médias da solubilidade, indicando que não houve influencia significativa do aumento da temperatura de secagem e do aumento da espessura da camada nos valores da solubilidade. Valores de solubilidade superiores foram encontrados por Barbosa (2010) em sucos em pó de misturas de polpa de frutas com maltodextrina obtidos da secagem por aspersão com valores entre 97,29 e 99,37%; por Oliveira et al. (2013) em pós de polpas de morango secadas por atomização com valores de solubilidade entre 87,15 e 90,37%; e por Cruz (2013) em polpa de goiaba em pó, desidratada pelo método de secagem em camada de espuma com valores de solubilidade entre 88,11 e 90,12%. Provavelmente, estas diferenças nas solubilidades são em razão do tipo de processo de secagem, das condições operacionais do secador, dos aditivos incorporados às polpas e da composição das polpas.

Tabela 4.30 - Valores médios da solubilidade (%) dos pós da Formulação F4 (polpa mista de acerola com melancia e aditivos) submetidas a diferentes temperaturas de secagem e espessuras da camada de espuma

Temperatura (°C)	Espessura da camada (cm)		
	0,5	1,0	1,5
60	58,32 aA	56,87 aA	55,39 bA
70	60,22 aA	58,10 aA	57,20 abA
80	60,97 aA	60,31 aA	60,25 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 3,64; Desvio mínimo significativo para linhas = 3,97; Média geral = 58,34%; Coeficiente de variação = 2,88%; As médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.5 - Seleção do melhor pó

Para a seleção do pó para ser submetido ao estudo do armazenamento e das isotermas de adsorção de água, foram avaliados todos os resultados dos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos, mas tomou-se, por base, principalmente, o valor do rendimento e da acidez total titulável; desta forma selecionou-se o pó da Formulação F4 na condição de secagem de 80 °C e espessura da camada da espuma de 1,5 cm. O rendimento e a acidez total titulável deste pó foi superior aos demais.

Verificou-se ainda, que em relação ao teor de água os menores valores foram obtidos na temperatura de 80 °C, mas sem diferença estatística entre as espessuras das camadas, com isso reforçou-se a seleção da amostra F4 seca a 80 °C na camada de 1,5 cm.

Observou-se que os maiores teores de ácido ascórbico foram na maior espessura da camada (1,5 cm) e foi diminuindo com o incremento da temperatura. No entanto, as amostras com maior concentração de ácido ascórbico também foram as com maior teor de água (14,22, 15,83 e 13,05 %) nas temperaturas de 60, 70 e 80, respectivamente, desta forma a amostra na temperatura de 80 °C com espessura da camada de 1,5 cm, obteve menor teor de água.

4.6 - Isotermas de adsorção de água do pó selecionado

As isotermas de adsorção de água foram determinadas no pó selecionado, formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab;

2% Liga Neutra; e 1% pectina), produzido na temperatura de secagem de 80 °C e com espessura da camada de espuma de 1,5 cm.

Na Tabela 4.31 têm-se os parâmetros dos modelos de Halsey, Oswin, GAB e Peleg ajustados as isotermas de adsorção de água do pó selecionado nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, com seus respectivos coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Tabela 4.31 - Parâmetros dos modelos de Halsey, Oswin, GAB e Peleg ajustados às isotermas de adsorção do pó selecionado nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros				R^2	P (%)
		a	b				
Halsey	25	263,5418		1,6553		0,9968	2,29
	30	87,3361		1,4889		0,9941	2,78
	35	305,8412		1,6724		0,9954	3,57
Oswin	Temp. (°C)	a		b		R^2	P (%)
	25	35,1796		0,5249		0,9909	4,16
	30	25,1832		0,5785		0,9900	4,56
	35	36,8305		0,5269		0,9859	6,35
GAB	Temp. (°C)	X_m	C	K		R^2	P (%)
	25	18,9668	867693,2	0,9229		0,9943	3,19
	30	13,6985	73,9491	0,9435		0,9958	2,43
	35	19,4293	101697	0,9298		0,9913	4,80
Peleg	Temp. (°C)	k₁	n₁	k₂	n₂	R^2	P (%)
	25	164,3458	10,4042	63,6352	0,7357	0,9991	0,99
	30	112,1218	6,0438	30,9797	0,4065	0,9961	3,29
	35	65,2046	0,6472	183,733	10,8339	0,9987	1,63

Observa-se que todos os modelos testados apresentaram $R^2 \geq 0,98$ e $P < 10\%$, sendo indicados para estimar as isotermas de adsorção do pó selecionado nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C. Entretanto, o modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais apresentando os maiores R^2 e os menores P nas temperaturas de 25 e 35 °C. Em seguida os melhores ajustes foram encontrados com o modelo de Halsey, GAB e por fim o de Oswin. Silva et al. (2015) também observaram que o modelo que melhor se

ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água do umbu-cajá em pó foi o de Peleg, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,90$) e os menores desvios percentuais médios ($P < 12\%$), em razão de que, quanto menor o P e maior o R^2 , maior a precisão do modelo. Galdino (2003) também constatou que o modelo de Peleg apresentou melhor ajuste do que o de GAB ao avaliar as isotermas de adsorção de água do umbu em pó nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C.

O modelo de GAB apresentou bons ajustes aos dados experimentais e possui maior fundamentação teórica dentre os modelos testados, sendo muito utilizado na avaliação do tempo de vida útil de produtos alimentícios (BOQUET et al., 1978). Ajustes realizados com o modelo de GAB permite um entendimento físico da teoria da adsorção (ANDRADE et al., 2011).

Verifica-se para o modelo de GAB que o teor de água na monocamada molecular (X_m) diminuiu com o aumento da temperatura entre 25 e 30 °C e aumentou entre 30 e 35 °C. O teor de água na monocamada molecular é aquele que proporciona, em determinada temperatura, a maior estabilidade e perdas mínimas de qualidade do alimento (Goula et al., 2008). O aumento de X_m com o aumento da temperatura também foi verificado por Ferreira e Pena (2003) nas isotermas de adsorção de água da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*) entre as temperaturas de 15 e 35 °C, com valores de X_m de 2,67 e 5,12% b.s., respectivamente; e por Moreira et al. (2013) para as isotermas de adsorção de água do pó da polpa de manga liofilizada entre 25, 30 e 35 °C, citando que este aumento não é comum para todos os alimentos. Segundo Ferreira e Pena (2003) o aumento na temperatura pode provocar modificações na estrutura física do produto, disponibilizando maior quantidade de sítios ativos com afinidade por moléculas de água ou aumentando a solubilidade de solutos presentes no produto, restando mais moléculas de água na monocamada.

Observa-se que os valores da constante C do modelo de GAB para o pó selecionado decresceu com aumento da temperatura entre 25 e 30 °C. Essa diminuição de acordo com Gabas et al. (2007) é esperada em razão de que em baixas temperaturas a força de interação entre adsorvato-adsorvente é favorecida causando um incremento nos valores da constante C.

Constata-se que os valores do parâmetro K do modelo de GAB, que é um fator relacionado ao calor de sorção na multicamada, foram inferiores a 1 (um), estando de acordo com a literatura e representando que o pó selecionado tem sorção finita. Timmermann (2003) afirmou que a constante K aumenta com a força de interação entre adsorvato-adsorvente e valores maiores que 1 são fisicamente inadequados indicando uma

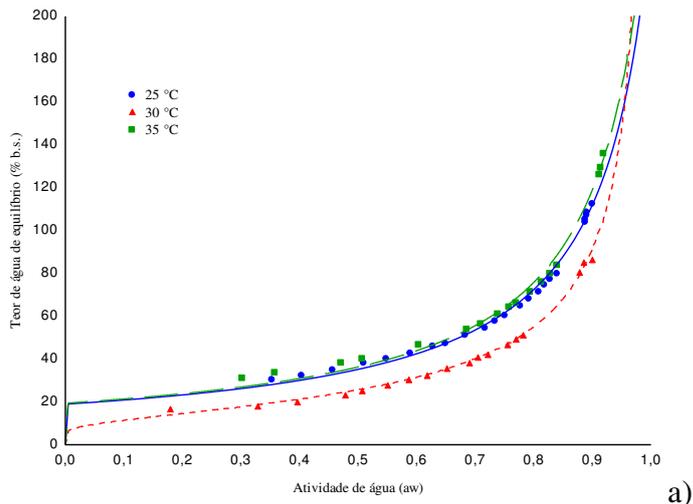
sorção infinita. Verifica-se também que K aumentou entre 25 e 30 °C, concordando com Blahovec (2004).

Analisando-se as constantes C e K do modelo de GAB, constata-se que em todas as temperaturas $K < 1$ e $C > 2$, o que de acordo com Blahovec (2004) estas isotermas (pó selecionado) podem ser classificadas como Tipo II, forma sigmoideal. Isotermas do tipo II foram classificadas por Mosquera et al. (2012) para o morango em pó, obtido por liofilização com e sem maltodextrina e goma arábica; por Aguirre-Cruz et al. (2010) para a isoterma de farinha de banana, na temperatura de 30 °C; e por Melo et al. (2011) para as isotermas de adsorção de água, a 25 °C, das farinhas da casca, da polpa e da parte fibrosa do buriti.

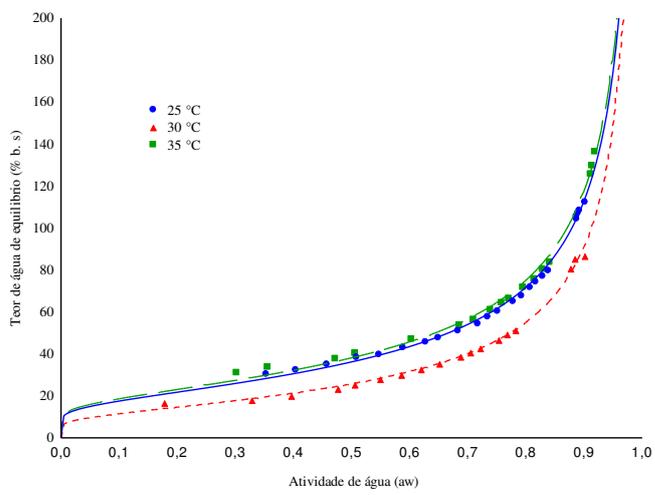
Na Figura 4.4 estão apresentadas as isotermas de adsorção de água do pó selecionado, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, com ajustes pelos modelos de GAB, Halsey, Oswin e Peleg. Observa-se que o teor de água de equilíbrio aumentou com o aumento da atividade de água. o aumento da temperatura influenciou a atividade de água (a partir do 0,3), indicando aumento da atividade de água e conseqüentemente aumento no teor de água de equilíbrio. Verifica-se que as curvas nas temperaturas de 25 e 35 °C ficaram muito próximas e a curva na temperatura de 30 °C ficou um pouco afastada das demais. Alexandre et al. (2007) observaram que não houve influência da temperatura sobre os teores de água de equilíbrio da pitanga em pó em atividades de água inferiores a 0,3. Tsami et al. (1990) relataram que a inversão na posição das curvas em relação a temperatura, tem sido reportada na literatura para níveis de a_w e temperaturas diferentes dependendo do teor de açúcares do produto.

A atividade de água em que o pó selecionado poderá ter estabilidade química e microbiológica deve ser inferior a 0,6. De acordo com as isotermas de adsorção para se ter atividades de água maiores do que 0,6 o pó selecionado deverá ter teores de água superiores a 43,23; 30,33 e 40,56% b.s. nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, respectivamente.

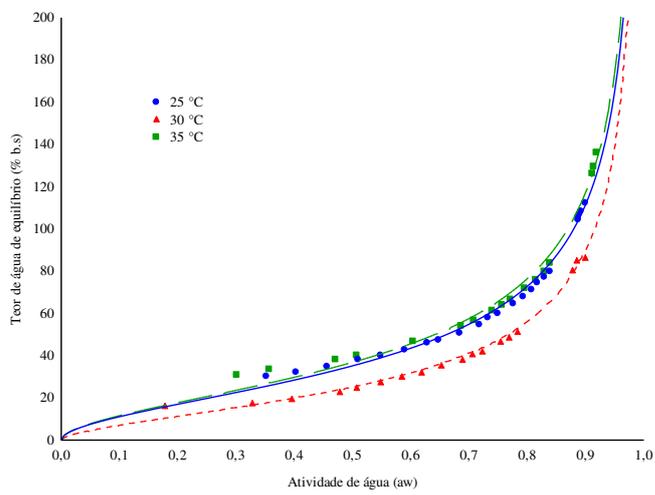
Nota-se que em a_w maior do que 0,6 o teor de água de equilíbrio aumenta rapidamente, desta forma recomenda-se que para o armazenamento do pó selecionado em ambientes com alta umidade relativa seja utilizado embalagens impermeáveis ou com baixa permeabilidade ao vapor d'água (Melo et al., 2011).



a)



b)



c)

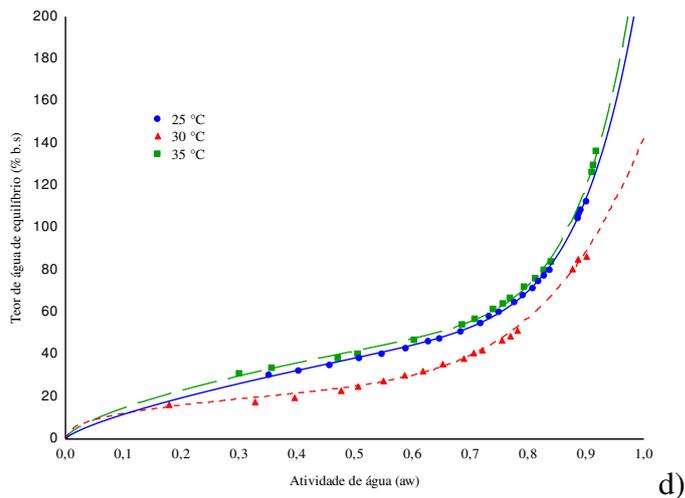


Figura 4.4 - Isotermas de adsorção de água do pó selecionado nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C com ajustes pelos modelos de: a) GAB; b) Halsey; c) Oswin; e d) Peleg

4.7 - Armazenamento acelerado do pó selecionado

Com base nos parâmetros químicos, físicos e físico-químicos selecionou-se a amostra em pó da Formulação F5 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina) secada na temperatura de 80 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm para realizar o estudo do armazenamento acelerado. Esta amostra foi acondicionada em embalagens laminadas e armazenadas em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média aproximada de 83% durante 40 dias analisando-se a cada 8 dias o teor de água, pH, acidez total titulável, atividade de água, cor, solubilidade e antocianinas. Das análises de variância verificou-se para os fatores avaliados (temperatura e tempo de armazenamento) e sua interação que houve efeito significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F para todos os parâmetros avaliados, exceto para acidez total titulável.

4.7.1 - Teor de água

Na Tabela 4.32 estão apresentados os valores médios do teor de água (%) do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Tabela 4.32 - Valores médios do teor de água (%) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dia)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	13,19 dA	13,19 cA
8	13,64 cdA	14,01 bcA
16	14,23 cA	14,90 abA
24	14,37 bcB	15,10 aA
32	15,34 abA	15,47 aA
40	15,56 aA	15,68 aA

Desvio mínimo significativo para colunas =1,02; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,68; Média geral = 14,56%; Coeficiente de variação = 2,78%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que com o tempo de armazenamento houve tendência de acréscimo do teor de água do pó nas duas temperaturas de armazenamento, demonstrando-se que a embalagem não foi eficiente na manutenção do teor de água em razão de ter ocorrido absorção de água pelas amostras. Uma hipótese a respeito do aumento do teor de água ao longo do armazenamento na amostra pode ser devido ao fato da embalagem não ter sido selada a vácuo e ficando retido parte do ar ambiente que passou para a amostra e também provocando pela própria permeabilidade ao vapor de água da embalagem (MUZAFFAR e KUMAR, 2016).

No final do armazenamento o teor de água aumentou 17,97 e 18,88%, nas temperaturas de 30 e 40 °C, respectivamente. Comportamento semelhante foi verificado por Muzaffar e Kumar (2016) durante o armazenamento do pó de tamarindo produzido em secador por aspersão e embalado em embalagem laminada (alumínio e polietileno) e armazenado durante seis meses em temperatura de 25 °C e umidade relativa de 53% verificando aumento do teor de água de 2,62 para 4,95%; por Loureiro et al. (2013) ao estudarem o armazenamento, em condições ambiente (temperatura média de 26 °C e umidade relativa média de 78%), do pó de buriti produzido na temperatura de 50 °C e acondicionado em embalagem laminada, sendo verificado aumento no teor de água de 5,81 (tempo zero) para 6,00%, aos 90 dias de armazenamento; por Alexandre et al. (2014) no armazenamento de pitanga em pó obtido por meio de secagem em camada de espuma, acondicionada em embalagem flexível multifoliada (PET/PP) tendo sido verificado no

final do armazenamento (60 dias) um aumento de 14,26% entre a umidade inicial e a final, consequência, provavelmente, da embalagem multifoliada não ser totalmente impermeável deixando ocorrer troca de umidade com a atmosfera; por Soares et al. (2011) no estudo da estabilidade do pó de acerola, desidratada pelo processo de secagem em camada de espuma, durante o armazenamento à temperatura ambiente, sendo observado também um aumento no teor de água, onde o valor inicial foi de 7,24% e após 90 dias, subiu para 12,30%, resultando num aumento de 69,89%; e por Lisboa et al. (2012) que também verificaram aumentos do teor de água no estudo do armazenamento do figo-da-índia em pó acondicionado em embalagens laminadas, nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%, onde o teor de água das amostras apresentou aumento entre 128 e 141% na umidade relativa de 55% e aumento no teor de água variando entre 128 e 135% na umidade relativa de 83%, ao final dos 100 dias de armazenamento.

O movimento do vapor d'água de um alimento para o ambiente ou ao contrário depende tanto do alimento (teor de água e composição) como das condições do ar (temperatura e umidade relativa) (FELLOWS, 2006).

Comparando-se os teores de água entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento, verifica-se que houve diferença significativa apenas no 24º dia entre os teores de água, indicando, de modo geral, que o aumento da temperatura não influenciou significativamente no teor de água.

O teor de água de frutas em pó influencia na cor, sabor, valor nutricional e estabilidade antioxidante (SHISHIR et al., 2017).

4.7.2 - pH

Na Tabela 4.33 estão apresentados os valores médios do pH do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C e espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Tabela 4.34 - Valores médios do pH do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura	
	30°C	40°C
0	3,78 ± 0,01	3,78 ± 0,01
8	3,80 ± 0,05	3,81 ± 0,04
16	3,82 ± 0,07	3,87 ± 0,01
24	3,94 ± 0,04	3,88 ± 0,06
32	4,07 ± 0,03	3,95 ± 0,03
40	4,13 ± 0,04	4,06 ± 0,02

Verifica-se que houve aumento do pH ao longo do armazenamento de 3,78 para 4,13 na temperatura de 30 °C e de 3,78 para 4,06 na temperatura de 40 °C,. SILVA (1999) relatou um aumento do pH nas polpas de acerola tratadas e não tratadas termicamente dos 120 aos 180 dias de armazenamento, sendo atribuído este aumento possivelmente à degradação do ácido ascórbico durante o armazenamento.

Contrariamente Oliveira et al. (2015) ao armazenarem a polpa do fruto de mandacaru em pó em embalagens laminadas flexíveis e em condições controladas de umidade relativa (57,7%) e temperatura (25 °C) verificaram que os valores do pH oscilaram ao longo do armazenamento (50 dias) sem demonstrar efeito relacionado ao tempo.

Nota-se que ao longo do armazenamento as amostras apresentaram pH abaixo de 4,5, sendo consideradas ainda como alimentos ácidos, e com valores de pH inadequado para o desenvolvimento de bolores e bactérias.

Comparando-se o pH das amostras entre as temperaturas, em cada tempo de armazenamento, verifica-se valores muito próximos não tendo um comportamento padrão com o aumento da temperatura.

4.7.3 - Acidez total titulável

Na Tabela 4.35 estão apresentados os valores médios da acidez total titulável do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C com espessura

da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Tabela 4.35 - Valores médios da acidez total titulável (% de ácido cítrico) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura	
	30°C	40°C
0	4,77 aA	4,77 aA
8	4,56 aA	4,75 aA
16	4,50 aA	4,72 aA
24	4,32 aA	4,62 aA
32	4,30 aA	4,59 aA
40	4,21 aA	4,41 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,42; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,63; Média geral = 4,54% ácido cítrico; Coeficiente de variação = 5,58%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores da acidez total titulável variaram entre 4,77 a 4,21% de ácido cítrico na temperatura de 30 °C e de 4,77 a 4,41% de ácido cítrico na temperatura de 40 °C. Embora não tenha havido diferença estatística entre as temperaturas e com o tempo de armazenamento, percebe-se uma tendência em termos de valores absolutos de redução da acidez à medida que o período de armazenamento foi aumentando, evidenciando-se uma tendência inversa ao do pH.

Comportamento semelhante foi encontrado por Pereira et al. (2006) no armazenamento do tomate em pó embalado em sacos de polietileno de baixa densidade, em que constataram estabilidade nos valores da acidez, não havendo diferença significativa entre as médias (6,81-6,71% ácido cítrico) do início até o final do armazenamento (60 dias); e por Loureiro et al. (2013) no armazenamento do pó de buriti acondicionado em embalagens laminadas e estocado na temperatura ambiente, sendo verificado para as amostras secas nas temperaturas de 60 e 70 °C que a acidez manteve-se estatisticamente estável durante os 90 dias de armazenamento.

Dak et al. (2014) verificaram durante o armazenamento acelerado (38 °C, 90% de umidade relativa) da polpa de romã desidratada acondicionada em embalagem laminada

(polietileno e alumínio) que a acidez reduziu com o tempo de armazenamento (3 meses) de 1,92% para 1,59%.

Verifica-se que a média geral da acidez foi de 4,54% ácido cítrico sendo muito superior ao da mistura das polpas de melancia com acerola (Tabela 4.1), este aumento se deve ao processo de secagem que evapora a água do produto concentrando os ácidos orgânicos presentes na amostra. Fato também verificado após a secagem para a polpa do mandacaru (OLIVEIRA et al., 2015).

4.7.4 - Atividade de água (a_w)

Na Tabela 4.36 estão apresentados os valores médios da atividade de água (a_w) do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento

Tabela 4.36 - Valores médios da atividade de água (a_w) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	0,311 bA	0,311 bA
8	0,314 bA	0,333 bA
16	0,321 abA	0,339 bA
24	0,329 abB	0,387 aA
32	0,345 abB	0,398 aA
40	0,356 aB	0,403 aA

Desvio mínimo significativo para colunas =0,036; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,024; Média geral =0,346; Coeficiente de variação= 4,09%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que nas duas temperaturas de armazenamento, a atividade de água apresentou tendência de aumento com o tempo de armazenamento. Na temperatura de 30 °C, o aumento da a_w no final do armazenamento (40 dias) em relação ao início foi de 14,47% e na temperatura de 40 °C foi de 29,58%, com o maior percentual atingido na

temperatura de 40 °C indicando a influência da temperatura na atividade de água. Comportamento semelhante foi verificado no armazenamento (10 semanas) em embalagem laminada e em diferentes temperaturas (5 e 25 °C) do pó de goiaba, sendo verificado que o aumento da temperatura proporcionou um maior ganho da atividade de água e do teor de água (SHISHIR et al., 2017).

Analisando-se as atividades de água entre as temperaturas e para um mesmo tempo de armazenamento verifica-se que nos três primeiros tempos de armazenamento (0, 8 e 16 dias) não houve diferença significativa entre as a_w e nos três últimos tempos (24, 32 e 40 dias) houve aumento significativo da a_w com o aumento da temperatura.

Possivelmente, a explicação para o aumento da atividade de água durante o armazenamento é que provavelmente houve passagem de vapor d'água do ambiente através da embalagem.

Comportamento semelhante foi verificado durante os 200 dias de armazenamento (25 °C; 62% UR) de um suco modelo (0,1% pectina cítrica, 10% de sacarose e 0,5% de ácido gálico) microencapsulado (maltodextrina/goma arábica) através dos processos de liofilização e secagem por aspersão e acondicionado em embalagem metalizada em que foi também constatado que a atividade da água aumentou com o tempo, e esta absorção de água foi responsável pelo aumento da plasticidade da barreira dos materiais da parede facilitando a redução de alguns compostos do produto (polifenóis) (RAMÍREZ et al., 2015); no armazenamento (condição ambiente – UR de 75% e 25 °C; condição controlada - UR de 90% e 35 °C), durante 90 dias, da polpa da guavira em pó acondicionada em embalagem de polietileno de baixa densidade em que a atividade de água aumentou com o tempo, sendo este aumento maior na condição controlada que tinha maior temperatura e umidade relativa (BREDA et al., 2012); por Sousa (2016) no armazenamento da polpa de pequi em pó em embalagem laminada durante 90 dias de armazenamento nas temperaturas de 25 e 35 °C e umidade relativa de 75%, que apresentou valores médios de atividades de água variando entre 0,260 e 0,430 na temperatura de 25 °C e de 0,260 a 0,440 na temperatura de 35 °C; por Souza (2011) no armazenamento (40 dias) do pó de cupuaçu liofilizado em que houve um aumento da atividade de água de 20,4%; e por Oliveira (2012) para a polpa de cajá em pó que apresentou aumento da atividade de água ao longo dos 120 dias de armazenamento, com valores variando entre 0,043 a 0,300.

No presente trabalho, embora atividade de água tenha apresentado aumento durante o período de armazenamento, ficou abaixo de 0,600 que segundo a classificação de Argadoña (2005) pode ser considerado com alimentos de baixa atividade de água, que

apresentam estabilidade microbiológica. Quase toda atividade microbiana é inibida para $a_w < 0,6$, sendo que o desenvolvimento da maioria dos fungos é inibido em $a_w < 0,7$, leveduras em $a_w < 0,8$ e bactérias em $a_w < 0,9$ (FELLOWS, 2006).

Como a atividade da água é equivalente a umidade relativa de equilíbrio (ERH) dividido por 100, e o valor da atividade de água inicial da amostra era menor do que a umidade relativa do ambiente de armazenamento (83%), o produto tende a absorver a umidade aumentando o teor de água e a atividade de água, fato verificado nas amostras analisadas.

4.7.5 - Solubilidade

Na Tabela 4.37 estão apresentados os valores médios da solubilidade do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Tabela 4.37 - Valores médios da solubilidade (%) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	60,88 aA	60,88 aA
8	60,71 abA	60,67 aA
16	59,49 bcA	58,24 bB
24	58,45 cdA	57,93 bA
32	58,35 cdA	57,56 bA
40	57,63 dA	57,11 bA

Desvio mínimo significativo para colunas =1,31; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,85; Média geral =58,99%; Coeficiente de variação = 0,66%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verifica-se que com o tempo de armazenamento a solubilidade do pó apresentou tendência de redução, nas duas temperaturas avaliadas, com percentuais de diminuição de

5,34 e 6,19% a 30 e 40 °C, respectivamente. Comportamento semelhante foi verificado por Liu et al. (2010) que também constataram tendência de redução da solubilidade com o tempo de armazenamento para o pó de tomate, sendo relatado que este mecanismo pode estar relacionado ao problema de caking da amostra, a reação de Maillard que envolve a ligação de açúcares redutores a aminoácidos causando escurecimento e a perda da solubilidade e a outros mecanismos que levam à insolubilidade; e por Costa et al. (2013) ao avaliarem a estabilidade do maracujá em pó sendo observado tendência de decréscimo da solubilidade com o tempo de armazenamento, com diminuição da solubilidade de 81,61% (tempo 0 dia) para 75,79% (360 dias) que pode ter ocorrido em razão da cristalização dos açúcares provocada pela umidade relativa e temperatura de armazenamento.

Ao se comparar a solubilidade entre as temperaturas para um mesmo tempo de armazenamento, verifica-se que não houve diferenças significativas, exceto aos 16 dias em que a solubilidade do pó da temperatura de 40 °C foi menor.

Severo (2016) no estudo da estabilidade da polpa de banana em pó seca pelo processo de secagem em camada de espuma verificou que o pó armazenado (90 dias) em temperatura ambiente em embalagens laminadas e translúcidas apresentaram tendência de estabilidade da solubilidade com o tempo, com valores de aproximadamente 75%.

Valores inferiores de solubilidade foram encontrados por Abbasi e Azizpour (2016) para a ginja ou cereja ácida secada em camada de espuma com uma solubilidade de 42,2-48,4%; por Asokapandian et al. (2016) para o pó da polpa de melão secada em camada de espuma que obtiveram valores de solubilidade de 23-26%

Um pó ideal deve ser molhado rapidamente e completamente, afundar no líquido em vez de flutuar na superfície e dissolver dentro de um curto período de tempo sem formação de grumos (HOGEKAMP E SCHUBERT, 2003) .

A solubilidade é um dos parâmetros utilizados para verificar a capacidade do pó para manter-se em mistura homogênea com a água (VISSOTO et al., 2006).

4.7.6 - Luminosidade (L*)

Na Tabela 4.38 estão apresentados os valores médios da luminosidade (L*) do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Tabela 4.38 - Valores médios da luminosidade (L^*) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	47,14 aA	47,14 aA
8	46,31 bA	46,12 bA
16	38,56 cA	38,05 cA
24	38,33 cA	37,37 cB
32	37,95 cA	36,47 dB
40	37,85 cA	35,82 dB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,79; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,53; Média geral = 40,59%; Coeficiente de variação = 0,78%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que a luminosidade do pó da Formulação F4 apresentou tendência de diminuição ao longo do armazenamento, com maiores reduções percentuais na temperatura de 40 °C (24,01%) em comparação com a de 30 °C (19,71%), significando que houve escurecimento do pó com o tempo de armazenamento. Na temperatura de 30 °C verifica-se que a luminosidade reduziu significativamente até os 16 dias, com as médias dos 16 dias até os 40 dias estatisticamente iguais. Na temperatura de 40 °C a luminosidade teve um comportamento de decaimento mais acentuado, apresentando diferenças estatísticas entre os tempos 0, 8 e 16 dias, mantendo-se estatisticamente no mesmo nível entre 16 e 24 dia e entre os tempos 32 e 40 dias.

Comparando-se a luminosidade entre as temperaturas para um mesmo tempo de armazenamento, constata-se que nos três primeiros tempos não houve diferenças significativas entre as médias das duas temperaturas e nos três últimos tempos de armazenamento as médias foram diferentes significativamente com os menores valores na temperatura de 40 °C. Com isso, confirma-se que o escurecimento foi maior no pó na temperatura de 40 °C.

Este escurecimento pode ser provocado pela reação de Maillard (MUZAFFAR e KUMAR, 2016).

Figueirêdo et al. (2005) em seu estudo sobre alterações da cor da acerola em pó sob condições controladas (35 °C e UR = 84,40%), constataram que luminosidade diminuiu significativamente com o aumento do tempo de armazenamento.

A luminosidade é um indicador de escurecimento ao longo do armazenamento que pode ser ocasionado tanto por reações oxidativas quanto pelo aumento da concentração de pigmentos (KADER, 2010; REIS et al., 2006). Gimenez et al. (2001) afirmaram que durante a estocagem, a cor dos produtos pode degradar ainda mais. Em alimentos com baixa a_w o escurecimento é ocasionado principalmente pela reação de Maillard (FELLOWS, 2006).

As alterações da cor do pó da Formulação F5 também podem estar relacionadas a degradação de pigmentos instáveis como as antocianinas (MAIA et al., 2007).

4.7.7 - Intensidade do vermelho (+a*)

Na Tabela 4.39 estão apresentados os valores médios da intensidade de vermelho (+a*) do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Tabela 4.39 - Valores médios da intensidade do vermelho (+a*) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	19,24 bA	19,24 dA
8	19,60 bA	19,84 cdA
16	19,68 bA	19,99 bcdA
24	19,78 bA	20,16 bcA
32	20,08 bB	20,74 abA
40	21,06 aA	21,51 aA

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,86; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,58; Média geral = 20,07%; Coeficiente de variação = 1,72%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se que nas duas temperaturas avaliadas a intensidade de vermelho apresentou tendência de aumento com o tempo de armazenamento. Na temperatura de 30 °C o aumento de +a* foi de 9,46% no final do armazenamento; e na temperatura de 40 °C,

o aumento foi maior de 11,80%, indicando que na maior temperatura houve uma tendência a um maior escurecimento. Comportamento semelhante foi verificado por Lisbôa et al. (2012) em seu estudo do armazenamento do figo-da-índia em pó em que verificaram que a intensidade de vermelho das amostras armazenadas aumentou com o tempo, sendo afetada principalmente pela temperatura de armazenamento, chegando a atingir 79,31% de aumento na temperatura de 40 °C e 23,63% na temperatura de 25 °C, ambas na mesma umidade relativa de 83%; e por Moura (2015) no armazenamento da pitaya em pó oriunda da liofilização em que verificou que na temperatura de 30 °C e umidade relativa de 83% aumento da intensidade de vermelho com o tempo de armazenamento, com aumento percentual de 14,5% ao final de 60 dias de armazenamento.

Comparando-se +a* entre as temperaturas em cada tempo de armazenamento verifica-se que não houve diferença significativa entre as médias, exceto no tempo de 32 dias em que na temperatura de 40 °C +a* apresentou o maior valor.

Nota-se que houve aumento da intensidade de vermelho associado à redução da luminosidade indicando processo de escurecimento da amostra (GOMES et al., 2004). A taxa de escurecimento em produtos de frutas armazenados depende da atividade de água do alimento e da temperatura de estocagem e aumenta consideravelmente quando o teor de água do produto é maior que 4 a 5% b.u. e sob temperaturas de estocagem acima de 38 °C (FELLOWS, 2006).

4.7.8 – Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela 4.40 estão apresentados os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Percebe-se que houve tendência de redução da intensidade de amarelo ao longo do armazenamento nas duas temperaturas avaliadas, atingindo percentuais de redução de 13,52% na temperatura de 30 °C e de 17,22% na temperatura de 40 °C (). Redução de +b* durante o armazenamento também foi verificado por Reis et al. (2006) em fatias de manga embaladas em PETmet/PE (polietileno tereftalato metalizado + polietileno) e armazenadas (25 °C; UR = 74%) durante 120 dias apresentando redução da intensidade de amarelo em

cerca de 29%; por Chauhan e Patil (2013) durante o armazenamento (8 meses) a 30 °C do pó de manga com leite embalado em diferentes embalagens (poliestireno de alta densidade, lata, poliéster metalizado e embalagem laminada –polietileno, alumínio, polietileno e papel); por Muzaffar e Kumar (2016) para o tamarindo em pó acondicionado em diferentes embalagens (polietileno de baixa densidade e embalagem laminada de polietileno com alumínio) e armazenado (25 °C e UR = 45%) durante seis meses; por Pereira et al. (2006) no armazenamento (60 dias) de tomate em pó, sendo verificado uma redução de 9,81% da intensidade de amarelo; e por Endo et al. (2007) para o suco de maracujá em pó desidratado em secador por aspersão e acondicionado em embalagens de polipropileno bi-orientado, metalizado e armazenado a 40 °C.

Tabela 4.40 - Valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	39,42 aA	39,42 aA
8	36,25 bB	37,36 bA
16	35,13 cA	34,04 cB
24	34,18 dA	33,39 cdB
32	34,11 dA	32,70 deB
40	34,09 dA	32,63 eB

Desvio mínimo significativo para colunas = 0,74; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,49; Média geral = 35,22%; Coeficiente de variação = 0,83%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na temperatura de 30 °C observa-se que houve uma redução de +b* mais intensa entre o tempo zero e o tempo de 24 dias, e entre 24 e 40 dias a intensidade do amarelo permaneceu estável; e na temperatura de 40 °C, a intensidade do amarelo foi diminuindo progressivamente ao longo do armazenamento.

Comparando-se a intensidade de amarelo entre as temperaturas para cada tempo de armazenamento, verifica-se que as menores médias de +b* do tempo de 16 dias até o tempo de 40 dias foram na temperatura de 40 °C.

A redução da intensidade de amarelo durante o armazenamento possivelmente pode ser atribuída à degradação do β -caroteno e/ou das antocianinas que possuem pigmentos amarelos e vermelho-alaranjado.

4.7.9 - Antocianinas

Na Tabela 4.41 estão apresentados os valores médios das antocianinas do pó da Formulação F4 (mistura das polpas de melancia e acerola (1:1) e adição de 2% Emustab; 2% Liga Neutra; e 1% pectina), secada na temperatura de 80 °C com espessura da camada de espuma de 1,5 cm, armazenado em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%) durante 40 dias de armazenamento.

Tabela 4.41 - Valores médios das antocianinas (mg/100 g) do pó da Formulação F4 durante o armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa média (83%)

Tempo (dias)	Temperatura (°C)	
	30	40
0	19,13 aA	19,13 aA
8	14,67 bA	12,42 bB
16	11,90 cA	9,33 cB
24	10,88 dA	9,56 cB
32	8,58 eA	6,13 dB
40	6,16 fA	5,03 eB

Desvio mínimo significativo para colunas = 1,01; Desvio mínimo significativo para linhas = 0,67; Média geral = 11,08 mg/100 g; Coeficiente de variação = 3,60%. As médias seguidas da mesma letra minúscula nas linhas e maiúscula nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observa-se, nas duas temperaturas, que o conteúdo de antocianinas totais apresentou tendência de redução ao longo do armazenamento, atingindo no final do armazenamento um decréscimo de 67,80 e 73,71% nas temperaturas de 30 e 40 °C, respectivamente. Comportamento semelhante foi verificado por Dak et al. (2014) durante o armazenamento acelerado (38 °C, 90% de umidade relativa) da polpa de romã desidratada e acondicionada em embalagem laminada (polietileno com alumínio) em que as antocianinas reduziram com o tempo de armazenamento (3 meses) de 634,14 mg/100 g para 486,98 mg/100 g; por Cheng et al. (2017) para a polpa de morango chinês (*Myrica*

rubra Sieb.) em pó tendo sido constatado que durante o armazenamento (50 dias) as antocianinas apresentaram tendência de redução; e por Maeda et al. (2007) no estudo da estabilidade das antocianinas em néctar de camu-camu, sendo observado que as antocianinas tendem a reduzir com o tempo de armazenamento.

Comparando-se as médias das antocianinas entre as temperaturas, em cada tempo de armazenamento, verifica-se que do 8º dia ao 40º dia as médias na temperatura de 40 °C foram inferiores as médias em 30 °C. Diante disso constata-se que houve uma forte influencia da temperatura na redução das antocianinas e que tem provavelmente como consequência alterações na cor do produto. A variação do conteúdo das antocianinas deve-se à grande instabilidade deste componente (MAIA et al., 2007).

Alguns fatores interferem diretamente na destruição de antocianinas como altas temperaturas de processamento e armazenamento, pH alcalino, presença de oxigênio, de açúcares e do ácido ascórbico (WENZEL, 2001).

A estabilidade da cor é afetada fortemente pelo pH, solventes, temperatura, concentração e estrutura das antocianinas, bem como pela presença de oxigênio, luz, enzimas, e outras substâncias contidas na planta (SCHIOZER, 2007)

As antocianinas interagem com o ácido ascórbico, metais, açúcares, oxigênio, luz, temperatura e enzimas, produzindo polímeros de produtos de degradação que diminuem sua estabilidade (BOBBIO e BOBBIO, 1992). Existe uma reação de condensação entre o ácido ascórbico e as antocianinas, e nesta relação, quanto maior a concentração dessa vitamina no sistema maior é a taxa de degradação do pigmento antociânico (JURD, 1972).

5 - CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

✓ A polpa mista de acerola com melancia (1:1) apresentou alto teor de água, ácido ascórbico, compostos fenólicos, e é um alimento ácido;

✓ Dentre as formulações avaliadas com diferentes concentrações dos aditivos a Formulação F4 (polpa mista com 2,0% de Liga Neutra, 2,0% de Emustab e 1% de Pectina) mostrou-se mais eficaz na formação de espuma, apresentando os menores valores de densidade, alta incorporação de ar (*over-run*) e maior estabilidade (menor volume drenado);

✓ Das curvas de cinética de secagem verificou-se que o aumento da temperatura de secagem (60, 70 e 80 °C) e a redução da espessura da camada de espuma (0,5; 1,0 e 1,5 cm) promoveu uma maior transferência de calor e massa reduzindo o tempo para a formulação atingir o teor de água de equilíbrio; e todos os modelos ajustados (Page, Dois Termos, Henderson e Pabis, Lewis e Henderson e Pabis modificado) podem ser usados com boa precisão na estimativa das curvas de secagem da Formulação F4, com destaque para o modelo de Page (maior coeficiente de determinação e menor desvio quadrático médio);

✓ Os pós da Formulação F4 apresentaram altos teores de ácido ascórbico (2128,40 a 3257,56 mg/100 g), baixa atividade de água ($a_w < 0,6$) e elevada acidez indicando combinação que possibilita conservar o produto durante longo tempo quando embalado em embalagem impermeável;

✓ Todos os modelos ajustados (Peleg, Halsey, GAB e Oswin) podem ser usados para estimar as isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, do pó selecionado (Formulação F4 secada a 80 °C com espessura da camada da espuma de 1,5 cm) por apresentaram $R^2 \geq 0,98$ e $P < 10\%$, e as isotermas foram classificadas como Tipo II (forma sigmoidal);

✓ Durante o armazenamento, nas temperaturas de 30 e 40 °C, do pó selecionado (Formulação F4 secada a 80 °C com espessura da camada da espuma de 1,5 cm) verificou-se que com o tempo de armazenamento houve aumento do teor de água, atividade de água

e pH e redução da solubilidade, antocianinas totais, luminosidade e intensidade de amarelo indicando que houve escurecimento sugerindo reações oxidativas e que a embalagem não foi eficaz na proteção do produto.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A EVOLUÇÃO do Açúcar. **Revista Aditivos e Ingredientes**, n. 82, p.34-39, set. 2011.
- ABBASI, E.; AZIZPOUR, M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 68, p. 105-110, 2016.
- AGRIANUAL 2005: **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2005. 520 p.
- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. FNP Consultoria e comércio. São Paulo, p. 400-4004, 2008.
- AGUIAR, L.P. **β -Caroteno, vitamina C e outras características de qualidade de acerola, caju e melão em utilização no melhoramento genético**. 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2001.
- AGUILÓ-AGUAYO, I.; MONTERO-CALDERÓN, M.; SOLIVA-FORTUNY, R.; MARTÍN-BELLOSO, O. Changes on flavor compounds throughout cold storage of watermelon juice processed by high-intensity pulsed electric fields or heat. **Journal of Food Engineering**, v.100, n.1, p.43–49, 2010.
- AGUIRRE-CRUZ, A.; ALVAREZ-CASTILLO, A.; CASTREJÓN-ROSALES, T.; CARMONA-GARCÍA, R.; BELLO-PEREZ, L. A. Moisture adsorption behavior of banana flours (*Musa paradisiaca*) unmodified and modified by acid-treatment. **Starch-Starke**, v. 62, n. 12, p. 658-666, 2010.
- AKPINAR, E. K. Mathematical modelling of thin layer drying process under open sun of some aromatic plants. **Journal of Food Engineering**, v. 77, n. 4, p. 864-870, 2006.
- ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 7, n. 1, p. 11-20, 2007.
- ALEXANDRE, H.V.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; OLIVEIRA, E.N.A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p. 83-91, 2014.

ALEXANDRE, H.V.; GOMES, J.P.; BARROS NETO, A.L.; SILVA, F.L.H.; ALMEIDA, F.A.C. Cinética de secagem de abacaxi cv pérola em fatias. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.2, p.123-128, 2009.

ALLEN JR LV, POPOVICH NG, ANSEL HC. **Farmacotécnica: Formas farmacêuticas e sistemas de liberação de fármacos**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007, p.207-224.

ALMEIDA, D. P. F. **Cultura da melancia**. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. Disponível em: < <http://www.dalmeida.com/hortnet/Melancia.pdf>>. Acesso em 05 de abril de 2017.

ALMEIDA, D.K.C.; ALMEIDA, C.A.F.; FERREIRA, C.C.; SILVA, G.N; XAVIER, A.D.C.S.; CARDOSO, A.S. Análise de sólidos solúveis totais e pH em bebidas industrializadas e a relação com a cárie dental e erosão ácida. In: **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Gramado, RS, 24 a 27 de outubro de 2016.

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

ALONSO, V. 2013. **Carboidratos nos alimentos**. Disponível em: <https://cienciasdosalimentos.wordpress.com/2013/04/21/carboidratos/> Acesso em 09 de agosto de 2017.

ALVARADO, J. D. Propiedades físicas de frutas. IV Difusividad y conductividad térmica efectiva de pulpas (Physical properties of fruits. IV. Effective thermal diffusivity and conductivity of pulps). **Latin American Applied research**, v. 24, p. 41-47, 1994.

ALVARADO, J. D; ROMERO, C. H. Physical properties of fruits I-II. Density and viscosity of juices as functions of soluble solids content and temperature. **Latin American Applied Research**, v19, p. 15-21, 1989.

ALVES, R. E. **Acerola (Malpighia emarginata D.C.): Fisiologia da maturação e armazenamento refrigerado sob atmosfera ambiente e modificada**. Lavras: ESAL, 1993. 99f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 1993.

ALVES, R. E.; MENEZES, J. B. **Botânica da Aceroleira**. In: A. R. São José e R. E. Alves (Ed.). *Acerola no Brasil: Produção e Mercado*. Vitória da conquista, BA: DFZ/UESB, Botânica da Acerola, p. 160, 1995.

ALVES, R.E. Características das frutas para exportação. In: NETTO, A.G.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.E.C.G.; BLEINROTH, E.W.; FREIRE, F.C.O.; MENEZES, J.B.; BORDINI, M.R.; SOBRINHO, R.B.; ALVES, R.E. **Acerola para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. MAARA/SDR – Brasília: EMBRAPA – SPI, 1996, 30p.

ANDRADE, R. D.; LUMES, R.; PÉREZ, C. E. Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. **Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmaceutica**, v. 18, n. 3, p. 325-334, 2011.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos – Uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.66, n.1, p. 232-240, 2007.

ANUÁRIO – **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. Romar Rudolfo Beling... [et al.]. – Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2005.

AOAC - Association Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**. 43. ed. Washington, 1997. 1018 p.

APENBURG, O.R.O. Desidratação do côco pelo processo foam mat (côco em pó). UNICAMP: Campinas, 1971.

ARAGÃO, R. F. **Secagem de fatias de caju (*Anacardium occidentale L.*) em secador de bandejas**. 2007. 126 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2007.

ARAÚJO NETO, S.E.; HAFLE, O.M.; GURGEL, F.L.; MENEZES, J. B.; SILVA, G. G. Qualidade e vida útil pós-colheita de melancia *Crimson Sweet*, comercializada em Mossoró. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 4: 235-239. 2000.

ARAÚJO, J; GONÇALVES, P; MARTEL, F. Chemopreventive effect of dietary polyphenols in colorectal cancer cell lines. **Nutrition Research**, v. 31, p. 77–87, 2011.

ARAÚJO, P.S.R; MINAMI, K. **Acerola**. Campinas: Fundação Cargill, 1994, 81p.

ARGADOÑA, E.J.S. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas: Avaliação de um sistema osmótico semicontínuo, da secagem e da qualidade.** 157f. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

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

ARRIAGA-ORIHUELA, R. M.; MAQUEDA-HURTADO, L. E.; CALZADA-ESPINOSA, C.B.; BEKISTAN, F. Cinética de La desproporción de espumas de aislado de soya (FP940) estabilizadas com gomas usando viscosimetria com impulsor helicoidal. **Información Tecnológica**. v. 14, n. 6, pag. 25-32, 2003.

ARYA, S.S.; PREMAVALLI, K.S.; SIDDIAH, C.H.; SHARMA, T.R. Storage behaviour of freeze dried watermelon juice powder. **International Journal Food Science & Technology**, v.20, n.3, p. 351–357, 1985.

ASOKAPANDIAN, S.; VENKATACHALAM, S.; SWAMY, G. J.; KUPPUSAMY, K. Optimization of foaming properties and foam mat drying of muskmelon using soy protein. **Journal of Food Process Engineering**, v. 39, p. 692–701, 2016.

ASSUNÇÃO, A.B.; PENA, R.S. Comportamento higroscópico do resíduo seco de camarãorosa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.4, p.786-793, 2007.

ATEF, A. M. A. Z.; MOSTAFA, N. A. S.; RAMADAN, T. Studies on sheets properties made from juice and puree of pumpkin and some other fruit blends. *Journal of applied sciences research*, v.8, n.5, p.2632-2639, 2012.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos.** 2ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.

AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. Tendências em Conservação de Alimentos. In: AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de Estabilidade de Alimentos.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. cap. 6, p. 135-150.

BALL, G. F. M. **Bioavailability and analysis of vitamins in foods.** Londres: Chapman & Hall, 1998. p. 518-554.

BAPTESTINI, F.M.; CORRÊA, P.C.; JUNQUEIRA, M.S.; RAMOS, A.M.; VANEGAS, J.D.B.; COSTA, C.F. Modelagem matemática da secagem de espuma de graviola. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.12, p.1203–1208, 2015.

BARBOSA, S. J. **Qualidade de suco em pó de mistura de frutas obtido por spray drying**. 2010. 107p. Dissertação (mestrado), Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal no Semi-árido, Universidade Estadual de Montes Claros, Unimontes, Minas Gerais: Janaúba, 2010.

BARROS, M.M.; ARAÚJO, W.F.; NEVES, L.T.B.C.; CAMPOS, A.J.C.; TOSIN, J.M. Produção e qualidade da melancia submetida a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.10, p.1078–1084, 2012

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

BATES, R. P. Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit products. **Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 93–96, 1964.

BATISTA, J. **Teoria da secagem**. Aula expositiva. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano (IF Sertão Pernambucano), 2008.

BEMILLER, J. N. “**Pectin**”. in: **Chemistry and function of pectin**. Fishmann, M. L. & Jen, J. J. (eds.) ACS, Florida (1986)

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, n.4, p.507-503, 1998.

BERTOLUCCI, P (2016). **Benefícios da melancia para saúde**. Disponível em: <http://www.minhavidacom.br/alimentacao/materias/18542-beneficios-da-melancia-para-a-saude>. Acesso em 02 de agosto de 2017.

BHUSARI, S.N., MUZAFFAT, K.; KUMAR, P. Effect of carrier agents on physical and microstructural properties of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, 266, 354-364, 2014.

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

BLOCK, G.; [NORKUS, E.](#); [HUDES, M.](#); [MANDEL, S.](#); [HELZLSOUER, K.](#) Which plasma antioxidants are most related to fruit and vegetable consumption?, **American Journal of Epidemiology**, v. 154, p. 1113 – 1118, 2001.

BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. rev. atual. São Paulo: Livraria Varela, 2003. 228 p.

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

BONOMO, R. C. F. et al. Desenvolvimento e avaliação sensorial de um “mix” de polpa congelada à base de cajá (*Spondias mombim* L.) e graviola (*Annona muricata* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, n.1, v.8, p.11-15, 2006.

BOQUET, R.; CHIRIFE, J.; IGLESIAS, H. Equations of fitting water sorption isoters of foods II. Evaluation of varius two parameters models. **Journal of Food Tecnology**, v. 13, n. 4, p. 319-327, 1978.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o "REGULAMENTO TÉCNICO PARA PRODUTOS DE VEGETAIS,NPRODUTOS DE FRUTAS E COGUMELOS COMESTÍVEIS". D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005.

BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ª ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brasil, 1018p, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000. **Diário Oficial da União nº 6**. Brasília, 10 de janeiro de 2000. Seção I. p. 54- 58. Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de qualidade para polpa de fruta.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº19, de 19 de junho de 2013. Aprova a Complementação dos padrões de identidade e qualidade

para as seguintes bebidas: refresco, refrigerante, bebida composta, chá pronto para consumo e soda. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2013, Seção I, pág. 13.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Adota valores para a ingestão de área recomendada (IDR) de vitaminas, minerais e proteínas. Portaria n. 33, de 13 de janeiro de 1998. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, jan. 1998. BRASIL. Resolução RDC nº. 451, de 19 de setembro de 1997.

Brasil: Produção e Mercado. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p. 96-99.

BREDA, C. A. **Desidratação da polpa do fruto da guavira (*Campomanesia adamantium*) pelo processo em camada de espuma**, 2011. 68 f. Dissertação (Mestrado em ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul.

BREDA, C. A.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CORREIA, C. A. C. Shelf life of powdered *Campomanesia adamantium* pulp in controlled environments. **Food Chemistry**, v.135, n.4, p.2960-2964, 2012.

BREDA, C.A.; JUSTI, P.N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E.J. Efeito da desidratação *foam mat* na retenção da vitamina C. **Alimentos e Nutrição- Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v.24, n.2, p. 189-193, 2013.

BRITO, E.S.; ARAÚJO, M. C. P.; ALVES, R. E.; CARKEET, C.; CLEVIDENCE, B. A.; NOVOTNY, J. A. Anthocyanins Present in Selected Tropical Fruits: Acerola, Jambolão, Jussara, and Guajiru. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Norway, v. 55, n. 23, p. 9389-9394, 2007.

BUENO, S. M. R. V.; GRACIANO, R. A. S.; FERNANDES, E. C. B.; GARCIA-CRUZ, C. H. Avaliação da qualidade de polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 62, n. 2, p. 121-126, 2002.

CAETANO, P. K. **Processamento Tecnológico e Avaliação Energética de Geléia de Acerola**. Botucatu, 2010. 94f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrômicas da UNESP – Campus de Botucatu-SP.

CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 191-197, jul./set. 2012.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spraydried *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CALDAS, Z. T. C.; ARAÚJO, F. M. M. C.; MACHADO, A. V.; ALMEIDA, A. K. L.; ALVES, F. M. S. Investigação de qualidade das polpas de frutas congeladas comercializadas nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. **Revista Verde**, Mossoró – RN, v.5, n.4, p. 156 -163, 2010.

CAMARGO, P.; MORAES, C.; CANTERI, M. H. G.; FRANCISCO, A.C.; MAIA, L. Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método “Foam Mat”. **VI Semana de Tecnologia em Alimentos**, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, v. 2, n. 14, p. 5, 2008.

CAMPELO, I.K.M. **Secagem em camada de espuma da polpa do figo-da-índia**. 2009. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

CAPITANI, C. D. **Interação de proteínas do soro de leite com polissacarídeo: fracionamento e estudo das propriedades funcionais dos complexos**. 2004, 153f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo. 2004.

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

CARLOS, L. A.; 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 Technology**, Campinas, v.8, p.163- 173, 2005.

CARNEIRO, A. P. G. **Estudo da estabilidade do pó de açaí orgânico**. 2011. 105 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

CARVALHO, I.T.; GUERRA, N.B. Efeito de diferentes tratamentos térmicos sobre as características do suco de acerola. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. **Acerola no Brasil: produção e mercado**. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p. 96-99.

CASTELLANE, P. D.; CORTEZ, G. E. P. **A cultura da melancia**. Jaboticabal. Funep, p.64, 1995.

CASTIGLIONI, G. L.; SILVA, F. A.; CALIARI, M.; SOARES JÚNIOR, M. S. Modelagem matemática do processo de secagem da massa fibrosa de mandioca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 987–994, 2013.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Embrapa Cerrados – Planaltina, DF. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/Principios-de-Secagem-de-Alimentos.pdf>. Acesso em 04 de maio de 2017

CHAN JR., H.T., YAMAMOTO, H.Y. Kinetics of anthocyanin decomposition in acerola juice. **Food Journal**, v.9, n.4, p.132-135, 1994.

characteristic of foamed Alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, v. 79, n. 4, p. 1452-1459, 2007.

CHAUHAN, A. K.; PATIL, V. Effect of packaging material on storage ability of mango milk powder and the quality of reconstituted mango milk drink. **Powder Technology**, v. 239, p. 86–93, 2013.

CHAVES, M. C. V.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; LEITE, J. C. A.; SILVA, F. L. H. Caracterização físico-química do suco da acerola. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Volume 4- Número 2 - 2º Semestre 2004.

CHAVES, P.P.N.; FERREIRA, T.A.; ALVES, A.F.; PAULO ROBERTO PEREIRA, P.R.; NASCIMENTO, I.R. Caracterização físico-química e sensorial de famílias de melancia tipo crimson sweet selecionadas para reação de resistência a potyvirus. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró-RN, v. 8, n.4, p.120- 125, 2013.

CHEGINI, G. R.; GHOBADIAN, B. Effect of spray-drying condition on physical properties of orange juice powder. **Drying Technol**, v. 23, p. 657–668, 2005.

CHENG, A. W.; XIE, H. X.; QI, Y.; LIU, C.; GUO, X.; SUN, J. Y.; LIU, L. N. Effects of storage time and temperature on polyphenolic content and qualitative characteristics of

freeze-dried and spray-dried bayberry powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 78, p. 235-240, 2017.

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

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

CORADI, P. C.; FERNANDES, C. H. P.; HELMICH, J. C. Adjustment of mathematical models and quality of soybean grains in the drying with high temperatures. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 385-392, 2016.

COSTA, C. F.; CORRÊA, P. C.; VANEGAS, J. D. B.; BAPTESTINI, F. M.; CAMPOS, R. C.; FERNANDES, L. S. Mathematical modeling and determination of thermodynamic properties of jaboticaba peel during the drying process. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 6, p. 576-580, 2016.

COSTA, D.O.; CARDOSO, G.R.; SILVA, G.M.V. A evolução do setor produtivo e comercialização de polpa de fruta no brejo paraibano: Estudo de caso na COAPRODES. In: 23º Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos, Salvador. **Anais...**Salvador, 2013.

COSTA, J. N.; FIGUEIREDO R. W.; SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; CONSTANT, P.B.L.; SOARES, D. J. Study of the stability of passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) powder from organic farming. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 705-716, 2013.

COSTA, J.N. **Estudo da estabilidade de maracujá (*Passiflora edulis Sims f. Flavicarpa Degener*) em pó, proveniente de cultivo orgânico**. 2012. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

COULTATE, T.P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 368p.

CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. 2013. 93p. Dissertação (mestrado) Programa de Pós-

graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

CUNHA, H.V.F. 2016. **A diferença entre Atividade de Água (Aw) e o Teor de Umidade nos alimentos.** Disponível em: <http://foodsafetybrazil.org/diferenca-entre-atividade-de-agua-aw-e-o-teor-de-umidade-nos-alimentos/#ixzz4llaiJaB3>. Acesso em 03 de julho de 2017.

DACANAL, G. C. **Estudo da granulação de suco de acerola desidratado em leite fluidizado.** 2005. 115f. Dissertação (Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas.

DAK, M.; SAGAR, V. R.; JHA, S. K. Shelf-life and kinetics of quality change of dried pomegranate arils in flexible packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 2, p. 1–6, 2014.

DANDAMRONGRAK, R.; YOUNG, G.; MASON, R. Evaluation of various pre-treatments for the dehydration of banana and selection of suitable drying models. **Journal of Food Engineering**, v. 55, n. 2, p. 139–146, 2002.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método *foam-mat*.** 2010. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.

DANTAS, T. N. P.; SOUZA, J. S.; SOUZA JÚNIOR, F. E.; MEDEIROS, M. F. D. Propriedades físicas e físico-químicas de pós de misturas de polpas de frutas com diferentes fontes lipídicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2009, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia, 2009. CD-ROM.

DESROSIER, N. W. The technology of food preservation. Westport: AVI, 1963. 405p.

DIAS, L. G. **Estudo do processo de secagem em estufa e por microondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito.** 2013, 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de São João del Rei, São João del Rei. 2013.

DIAS, R., CORREIA, R.C., ARAÚJO, J.L.P. 2011. **Sistema de produção de melancia**. D.R., C.R.C., A.J.L.P. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/mercado.htm>> Acesso em 14 de agosto de 2017

DIEB, J. T., GURGEL, C. E. M. R., DANTAS, T.N.P., MEDEIROS, M. F. D. **Secagem da polpa de graviola pelo processo foam-mat e avaliação sensorial do produto obtido**. 2015. XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica-UNICAMP, Campinas-SP.

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

DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para medida da atividade de água**. 2000. 195f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Engenharia Química, São Paulo, 2000.

DOYMAZ, I. Drying kinetics of white mulberry. **Journal of Food Engineering**, v. 61, n. 3, p. 341- 346, 2004.

DUAS RODAS. **Emulstab**. Site do fabricante. Disponível em <http://www.duasrodas.com.br/404.html>. Acesso em 05 de setembro de 2016.

DUZZIONI, A. G. **Avaliação da Atividade Antioxidante e Quantificação dos Principais Constituintes Bioativos de Algumas Variedades de Frutas Cítricas**. Araraquara, 2009. 115f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição). Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara-São Paulo. 2009.

EMBRAPA. **Mandioca e fruticultura**. 2010. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/index.php?p=perguntas_e_respostas-acerola.php#aspectos) Acesso em 01 de julho de 2017

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

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**, Editora Atheneu, 2001.

- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1992, 652p.
- EVANGELISTA, R. M.; VIEITES, R. L. Avaliação da qualidade de polpa de goiaba congelada, comercializada na cidade de São Paulo. *Segurança Alimentar e Nutricional*, Campinas, v.13, n.2, p. 76-81, 2006.
- FALADE, K. O.; ADEYANJU, K. I.; UZO-PETERS, P. I. Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agents. **European Food Research and Technology**. p. 486- 491, 2003.
- FANG, Z.; BHANDARI, B. Effect of spray drying and storage on the stability of bayberry polyphenols. **Food Chemistry**, v. 129, p. 1139-1147, 2011.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). FAOSTAT. FAO Statistics Division 2007. Disponível em: < <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>>. Acesso em 01 de julho de 2017.
- FARIA, L. J. G.; ROCHA, S. C. S. Optimization of annatto (*Bixa orellana* L.) drying in fixed bed. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.17, p.483-496, 2000.
- FAZAELI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A. K.; OMID, M. Effect of process conditions and carrier concentration for improving drying yield and other quality attributes of spray dried black mulberry (*Morus nigra*) juice. **International Journal of Food Engineering**, v. 8, n. 1, p. 1556-3758, 2012.
- FELLOWS, P. 2007. **Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y prácticas**. Zaragoza (España): Editorial Acribia, S.A., 746 p.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de Alimentos**. 2ed, Editora Artmed, 608 p, 2006.
- 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**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 816-825, July/Aug. 2013.
- FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilia Journal Food Technology** Campinas, v. 15, n. 2, p. 157-165, jan./mar. 2012.

- FERREIRA, C. D.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico da farinha de pupunha (*Bactris gasipaes*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 251-255, 2003.
- FERREIRA, R. M. A. et al. Ponto de colheita da acerola visando à produção industrial de polpa. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 4, n. 2, p. 13-16, 2009.
- FIGUEIRA, R.; NOGUEIRA, A. M. P.; VENTURINI FILHO, W. G.; DUCATTI, C.; QUEIROZ, E. C.; PEREIRA, A. G.S. Análise físico-química e legalidade em bebidas de laranja. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 2, p. 267-272, 2010.
- FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; MARTUCCI, E.T. Alterações de cor da acerola em pó sob condições controladas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.7, n.1, p.49-57, 2005.
- FIORDA, F. A.; SIQUEIRA, M. I. D. Avaliação do pH e atividade de água em produtos cárneos. **Estudos**, v. 36, n. 5/6, p. 817-826, 2009.
- FOLEGATTI, M.I.S.; MATSUURA, F.C.A.U. Produtos. In: RITZINGER, R.; KOBAYASHI, A.K.; OLIVEIRA, J.R.P. **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003. p. 164-184.
- FRANCIS, F. J. Analysis of anthocyanins. In: MARKAKIS, P. (ed.). **Anthocyanins as food colors**. New York: Academic Press, 1982. p.181-207.
- FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2000. v. 1. 2907 p.
- FREITAS, C. A. S. de; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C. da; FIGUEIREDO, R. W. de; SOUSA, P. H. M. de. Acerola: Produção, Composição, Aspectos Nutricionais e Produtos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 4, p. 395-400, 2006.
- FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; FERNANDES, A. G. Estabilidade dos carotenoides, antocianinas e vitamina C presentes no suco tropical de Acerola (*Malpighia emarginata* DC) adoçado envasado pelos processos hot-fill e asséptico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 942-949, set./out., 2006.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), variedade pérola utilizando a técnica de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16, n.4, p.387-394, 2014.

FURTADO, G.F. SILVA, F.S.; PORTO, A.G.; PHILIPPE DOS SANTOS, P. Secagem de polpa de seriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.9-14, 2010.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 2, p. 246–252, 2007.

GALDINO, P. O. **Desidratação de polpa de umbu. 2003.** 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2003.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Drying kinetics of atemoya pulp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 7, p. 672-677, 2016.

GALDINO, P.O. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, n.1, v.5, 2003.

GALLI, D. G. **Extração e caracterização de Antocianinas no resíduo de uvas processadas.** 71f. 2010. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações.** São Paulo: Nobel. 2009, 301 p

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações.** 2008. 511f.

GIMENEZ, J.; KAJDA, P.; MARGOMENOU, L.; PIGGOTT, J.R.; ZABETAKIS, I.A. Study on the colour and sensory attributes of high-hydrostatic-pressure jams as compared with traditional jams. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.81, p.1228-1234, 2001.

GOMES, J.E.; PERECIN, D.; MARTINS, A.B.G. et al. Análise de agrupamentos e de componentes principais no processo seletivo em genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n.1, p.36-39, 2000.

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

GOMES, P. M. A. **Estudo da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) desidratada no leite de jorro**. 2002. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

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

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

GONZAGA NETO, L.; MATHUZ, B.; SANTOS, C.A.F. Caracterização agronômica de clones de aceroleira (*Malpighia spp*) na região do submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal , v.21, n.2, p.110-115, 1999.

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K.G.. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v.85, n.1, p.73-83, 2008.

GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.2, p.73-86, 2000.

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.

- GUNER, N.; WEHNER, T.C. Overview of Potyvirus resistance in watermelon. In: Cucurbitaceae - Proceedings of the IX th EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae (Pitrat M, ed), INRA, **Avignon (France)**, 2008.
- GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma-Desempenho do processo e características do produto**. 2014. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- GURJÃO, K. C. de O. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica* L.)** Areia, 2006. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Centro de Ciências Agrárias da Universidade federal da Paraíba, Areia/PB.
- HASSIMOTTO, N.M.A.; GENOVESE, M.I.; LAJOLO, F.M. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps, **J. Agric. Food Chemical.**, v.53, n.8, p.2928-2935, 2005.
- HAUSNER, H.H. **Friction conditions in a mass of metal powders**. Int. J. Powder Metall. v.3, p.7-13, 1967.
- HEIM, K.E.; TAGLIAFERRO, A.R.; BOBILYA, D.J. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. **J Nutr Biochem**, v.13, p.572-584, 2002.
- HII, C.L.; LAW, C.L.; CLOKE, M.; SUZANNAH, S. Thin layer drying kinetics of cocoa and dried product quality. **Biosystems engineering**, v.102, n.2, p.153-161, 2009.
- HOGKAMP, S.; SCHUBERT, H. Rehydration of food powders. **Food Science and Technology International**, v. 9, n. 3, p. 223–235.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p., 2008.
- JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. **Journal of Food Engineering**, EUA, v. 63, p. 125–134, 2004.
- JITTANIT, W. Kinetics and temperature dependent moisture diffusivities of pumpkin seeds during drying. **Kasetsart Journal: Natural Science**, v.45, p.147-158, 2011.

- JURD, L. **Some advances in the chemistry of anthocyanin-type plant pigments**. In: The chemistry of plant pigments. New York: Academic Press. 1972.
- KADAM, D.M. et al. Quality of fresh and stored foam mat dried Mandarin powder. *Int. J. Food Science and Technology*, v.46, p. 793-799, 2011.
- KADAM, D.M.; PATIL, R.T.; KAUSHIK, P. Foam Mat Drying of Fruit and Vegetable Products. In: **Drying of Foods**, Vegetables and Fruits, v.1, p.111-124, Singapore, 2010.
- KADER, A. A. Future of modified atmosphere research. *Acta Horticulturae*, v. 857, p.
- KARATHANOS, V.T. Determination of water content of dried fruits by drying kinetics. *Journal of Food Engineering*, London, v.39, p.337-344, 1999.
- KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée: stability and air drying characteristics. *Food Chemistry*, v. 64, n. 3, p. 337-343, 1999.
- KIM, D. O.; HEO, H. J.; KIM, Y. J.; YANG, H. S.; LEE, C. Y. Sweet and sour cherry phenolics and their protective effects on neuronal cells. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, v.53, n. 26. p 9921–9927, 2005.
- KNIGHT, P.C. Structuring agglomerated products for improved performance. *Powder Technology*, v. 119, p. 14–25, 2001.
- LABUZA, T.P.; TANNENBAUM, S.R.; KAREL, M. Water content and stability of low-moisture and intermediate-moisture foods. *Food Technology*. p.543-550, 1970.
- LAKHANPAL, P; RAI, D. Quercetin: A versatile Flavonoid. *Internet Journal of Medical Update*. 2007.
- LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray dryer. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v.39, n.1, p.115-123, 2003.
- LEAL, I. M.; GONZAGA NETO, L.; OLIVEIRA, J.R.P.; SOLARES, J.M.; CHOUDHURY, M.N.; SOARES FILHO, W.S. A cultura da acerola. Brasília: **EMBRAPA**, p.110, 1999 (Coleção Planar).
- LEE, S. H.; LABUZA, T. P. Destruction of ascorbic acid as a function of water activity. *Journal of Food Science*, v. 40, n. 2, p. 370-373, 1975.

LEE, S. K.; KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, v. 20, n. 3, p. 207-220, 2000.

LEÓN-MARTÍNEZ, F. M.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L. L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): Effects on powder properties and characterization. **Carbohydrate Polymers**, v. 81, p. 864–870, 2010.

LEWIS, L.W. The rate of drying of solid materials. **Industrial Engineering Chemistry**, v.13, n. 1, p. 427, 1921.

LIMA, D.M.; LARA, J. M.; COSTA, J.M.C. Caracterização de melancia em pó obtido a partir de secagem por leito de jorro. **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Gramado, RS, 24 a 27 de outubro de 2016.

LIMA, E. E. DE; SILVA, A. S. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. DE; QUEIROZ, A. J. DE M. Estudo das isotermas e calor isostérico de adsorção da farinha da coroa de frade. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, p.163-170, 2008.

LIMA, F.M.T. 2010. 94 f. **Avaliação da estabilidade química, físico-química e microbiológica de polpas de acerola orgânica pasteurizada e não-pasteurizada**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2010.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, L. S.; NASCIMENTO, P. P. Caracterização físico- química e sensorial de pitanga roxa. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 382-385, dezembro 2000.

LIMA, V.L.A.G.; MÉLO, E.A.; LIMA, L.S.; NASCIMENTO, P.P. Flavonóides em seleções de acerola (*Malpighia* sp. L.). 1- Teor de antocianinas e flavonóis totais. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 1063-1064, 2000.

LIMA, V.L.A.G.; MUSSER, R.S.; LEMOS, M.A. et al. Análise conjunta das características físico-químicas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17, 2002, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

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

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

LOPES, M. M. T.; CARVALHO, W. M.; LIMA, L. S. L.; COSTA, J. N.; MOREIRA, G. L.; ARAÚJO, M. M. Avaliação das características físico-químicas de sucos de frutas tropicais clarificados e conformidades com a legislação. In: SOUSA, P. H. M.; SANCHO, S. O.; FARIAS, L. M. R. S.; MOISES, T. F. F. L.; BERNARDO, H. D. B.; PAULO, L. S.; SANTOS, T. R. F. (Org.). **Gastronomia: da tradição à inovação**. Ed. Monferrer, 2016.

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

MACIEL, M.I.S.; MÉLO, E.; LIMA, V.; SOUZA, K.A.; SILVA.;W. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n.4, p.865-869, out.2010.

MACIEL, M.I.S.; MÉLO, E.; LIMA, V.; SOUZA, K.A.; SILVA.;W. Caracterização físico-química de frutos de genótipos de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n.4, p.865-869, out.2010.

MADUREIRA, I. A.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; FILHO, E.D.S. Cinética de secagem da polpa do figo-da-índia. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.13, n.Especial, p.345-354, 2011.

MAEDA, R.N.; PANTOJA, L.; YUYAMA, L.K.O.; CHAAR, J.M. Estabilidade de ácido ascórbico e antocianinas em néctar de camu-camu (*Myrciaria dubia* (H. B. K.) McVaugh). **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 27, n.2, p. 313-316, 2007.

MAFRA, G.P.; DANTAS, S.C.M.; MEDEIROS, M.F.D.; MACHADO, I.P. Desidratação da polpa de acerola com aditivos (*Malpighia emarginata*) pelo processo *foam-mat*. **XI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em iniciação científica**, COBEQ, Unicamp, São Paulo- SP, 2015.

MAIA, A. B. R.; GOLGHER, M. Parâmetros para Avaliação da Qualidade de Reconstituição do Leite em pó Desidratado em Secador de Aspersão (“Spray-Drier”). **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 17, n. 3, p. 235-254. julho/setembro, 1983.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; SANTOS, G. M.; SILVA, D. S.; FERNANDES, A. G.; PRADO, G. M. Efeito do processamento sobre componentes do suco de acerola. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 1, p. 130-134, 2007.

MALTINI, E. et al. Water activity and the preservation of plant foods. **Food Chemistry**, v. 82, n. 1, p. 79-86, 2003.

MARANHÃO, C.M.C. **Caracterização física, físico-química e química do fruto da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC), variedade Okinawa, durante o seu desenvolvimento**. 2010. 73 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, 2010.

MARÇO, P. H.; POPPI, R. J.; SCARMINIO, I. S. Procedimentos analíticos para identificação de antocianinas presentes em extratos naturais. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 1218-1223, 2008.

MARQUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. **Irrigação na cultura da melancia**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 22 p. 2012. (Circular Técnica. Embrapa Hortaliças, 108).

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009, 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

MARTINAZZO, A. P.; CORREA FILHO, L. C.; TEODORO, C. E. S.; BERBERT, P. A. Drying kinetics and microbiological quality of green onions. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 769-774, 2016.

MATSUURA, F. C. A. U.; ROLIM, R. B. Avaliação da adição de suco de acerola em suco de abacaxi visando à produção de um “blend” com alto teor de vitamina C. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 24, p. 138-141, 2002.

- MATTOS, J.S.; MEDEROS, B.J.T. Densidade de polpas de frutas tropicais: banco de dados e determinação experimental. **Revista Brasileira de Engenharia e Biosistemas**, Campinas, v.2, n.2, p. 109-118, 2008
- MEDEIROS, J. **Secagem de polpa de mangaba em camada de espuma**. 2007. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2007.
- MEDEIROS, R. D.; HALFELD-VIEIRA, B. A. Cultura da melancia em Roraima. Roraima: EMBRAPA; Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**. p.125, 2007.
- MELO, E. A.; MACIEL, M. I. S.; LIMA, V. L.; A G.; NASCIMENTO, R. J. Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo , v. 44, n. 2, p. 193-201, Jun. 2008.
- MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; FERNANDES, T.K.S.F.; BEZERRA, M.C.T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: Experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.
- MELO, W. S.; PENA, R. S.; RODRIGUES, A. M. C.; SILVA, L. H. M. Comportamento higroscópico do buriti (*Mauritia flexuosa*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 4, p.935-940, 2011.
- MENEZES, A. R. V.; SILVA JUNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAÚJO, D. R.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia Emarginata* d. c) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009.
- MESQUITA, P.C.; VIGOA, Y.G. La acerola. Fruta marginada de America con alto contenido de ácido ascórbico. **Alimentaria**, Madrid, v.37, n.309, p.113-126, 2000.
- MIRANDA K. F. Estudo da Concentração de Licopeno por Ultrafiltração a partir de suco de Melancia. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, 2005.
- MOHR, H.C. **Watermelon Breeding**. In: BASSET, M.L. (Ed.) *Breeding vegetables crops*. Westport, 1986. cap.3, p. 33-66.

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

MORI, E. E. M. **Suco de melancia [Citrullus lanatus (Tunberg) Matsumura and Nakai]: processamento, formulação, caracterização física, química, microbiológica e aceitabilidade**. 1996. 100 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

MOSER, U.; BENDICH, A. Vitamin C. In: MACHLIN, L. J. **Handbook of vitamins**. 2. ed. Nova York: Marcel Dekker, Inc., 1991. p. 195-224.

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

MOURA, C. F. H. et al. Avaliações físicas e físico-químicas de frutos de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n. 1, p.52-57, 2007.

MOURA, C.F.H.; ALVES, R.E.; PAIVA, J.R. et al. Avaliação de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) na região da Chapada do Apodi-CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

MOURA, R.L. **Liofilização de polpas de pitaya**. 2015.132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2015.

MOURA, S. M. **Estabilidade de acerola em pó oriunda de cultivo orgânico**. 2010. 112 p. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

MOUSSA-AYOUB, T.; EL-SAMAHY , S.; KROH, L.; ROHN, S. Identification and quantification of flavonol aglycons in cactus pear (*Opuntia ficus indica*) fruit using a commercial pectinase and cellulose preparation. **Food Chemistry**, v. 124, p. 1177-1184, 2011.

- MUSSER, R. S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS, V. F. Características Físico-químicas de Acerolas do Banco Ativo de Germoplasma de Pernambuco. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 556 - 561, out-dez. 2004.
- MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarind pulp powder. **Powder Technology**, v. 291, n. , p. 322–327, 2016.
- NASCENTE, A. S.; CALIXTO, R. N. **O agronegócio da fruticultura na Amazônia: um estudo exploratório**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2005.
- NETO, S.E.A.; HAFLE, O.M.; GURGEL, F.L.; MENEZES, J.B.; SILVA, G.G. QUALIDADE E VIDA ÚTIL PÓS-COLHEITA DE MELANCIA CRIMSON SWEET, COMERCIALIZADA EM MOSSORÓ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.4, n.2, p.235-239, 2000.
- Niizu, Patrícia Y; Rodriguez-Amaya, Delia B. Rev. Inst. Adolfo Lutz. V. 62, n. 3, p. 195-99, 2003.
- NOGUEIRA, C. M. C. C. D. **Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.)**. Fortaleza, 1991. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1991.
- NOGUEIRA, M.F.G.; BARROS, B.J.P; TEIXEIRA, A.B.; TRINCA, L.A.; D’OCCHIO, M.J.; BARROS, C.M. Embryo recovery and pregnancy rates after the delay of ovulation and fixed time insemination in superstimulated beef cows. **Theriogenology**, v.57, p.1625-1634, 2002.
- NUNES, E.S.; D’ARAÚJO COUTO, F.A.; BRAZ, V.B. Seleção de genótipos de aceroleira (*Malpighia Spp.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.
- OLIVA, P. B. **Estudo do armazenamento da acerola in natura e estabilidade do néctar de acerola**. 1995 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1995.

OLIVEIRA, A. M. S. Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. **Rev. Bras. Eng. Agric. Ambient.**, Campina Grande, v.10, n.2, p.390–396, 2006.

OLIVEIRA, A. N.; RAMOS, A. M.; CHAVES, J. B. P.; VALENTE, M. E. R. Cinética de degradação e vida-de-prateleira de suco integral de manga. **Revista Ciência Rural**, v.43, n.1, p.172-177, 2013.

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

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

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

OLIVEIRA, G.S. **Aplicação do processo de liofilização na obtenção de cajá em pó: avaliação das características físicas, físicoquímicas e higroscópicas**. 2012. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Fortaleza. 2012.

OLIVEIRA, L.M.N. **Quantificação de rutina, atividades antioxidante e antimicrobiana de extratos de polpas e subprodutos de frutas tropicais**. 2014. 85 f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2014.

OLIVEIRA, M. I. S.; TONON, R. V.; NOGUEIRA, R. I.; CABRAL, L. M. C. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 310-318, 2013.

OLIVEIRA, M.E.B.; BASTOS.; M.S.R.; FEITOSA, T.; BRANCO, M.A.A.C.; SILVA, M.G.G. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-químicos de polpas congeladas de acerola, cajá e caju. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n.3, p. 326-332 set.1999.

OLIVEIRA, V. S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciências Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 342-348, Jun 2011.

ORDOÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, p.25-31, 201-203, 2005.

PAGLARINI, C. S.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P; LEITE, A. L. M. P. Avaliação físico-química de polpas de frutas congeladas comercializadas na Região do Médio Norte Matogrossense. A. L. M. P. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer** - Goiânia, vol.7, n.13; Pág. 1391 – 1398, 2011.

PAIVA, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; NETO, H. S.; FREITAS, A. S. M., SOUSA, F. H. L. Variabilidade genética em caracteres morfológicos de populações de plantas jovens de acerola. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 350-352, 2001.

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**. Campinas, v. 21, n.3, p. 288-292, 2001.

PÊ, P. R.; CARNEIRO, G. G.; PÊ, F. R.; DE CASTRO, D. S.; SILVA, D. R. S.; MARQUES, L. F. Secagem de polpa de caqui pelo método de camada de espuma. **Holos**, ano 32, vol. 4, 2016.

PEDRO, M. A. M. **Influência de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá em pó**. 2009. Tese (Doutorado em Biociências) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2009.

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

PIMENTEL, M.L.; MAIA, G.A.; OLIVEIRA, G.S.F. et al. Influência do processamento sobre a vitamina C do suco da acerola (*Malpighia glabra* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n.1, p.143-146, 2001.

PINTO, E. G. **Caracterização da espuma de jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leite de espuma**. 2009, 65f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2009.

POLITI, F. A. S. **Estudos farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *Endopleura uchi* (HUBER) Cuatrec. (Humiriaceae)**. 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2009.

PONTES JÚNIOR, S. M.; DANTAS, S. C. M.; DELMIRO, T.M.; MEDEIROS, M.F.D. Secagem de polpas de frutas em leite de jorro: efeitos da adição de leites vegetal e animal e da proteína isolada de leite no desempenho do processo e qualidade do produto em pó produzido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 11., 2015. Campinas. **Anais...** Campinas: Blucher Chemical Engineering Proceedings, 2015. v. 1, n. 3, p. 2069-2074.

PRADO, A. **Composição fenólica e atividade antioxidante de frutas tropicais**. Piracicaba, 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. São Paulo. 2009.

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

QUISPE-CONDORI, S.; SALDAÑA, M. D. A.; TEMELLI, F. Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze-drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 9, p. 1880-1887, 2011.

RAHMAN, M. S.; PEREIRA, C.O. Drying and Food Preservation. In: **Handbook of food preservation**. Ed. CRC Press – Taylor & Francis Group, 2 ed., 2007.

RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G.S.V. Drying

RAMÍREZ, M. J.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. **Powder Technology**, v. 277, p. 89–96, 2015.

- RAMOS, A. M.; QUINTERO, A. C. F.; FARAONI, A. S.; SOARES, N. F. F.; PEREIRA, J. A. M. Efeito do tipo de embalagem e do tempo de armazenamento nas qualidades físico-química e microbiológica de abacaxi desidratado. **Revista Alimentos e Nutrição**, v.19, n.3, p. 259-269, 2008.
- RAWSON, A.; TIWARI, B.K.; PATRAS, A.; BRUNTON, N.; BRENNAN, C.; CULLEN, P.J.; O'DONNELL, C. Effect of thermosonication on bioactive compounds in watermelon juice. **Food Research International**, v.44, p.1168–1173, 2011.
- REIS, R. C.; RAMOS, A. M.; REGAZZI, A. J.; MINIM, V. P. R.; STRINGUETA, P. C. Almacenamiento de mango secado: análisis físicoquímico, microbiológico, color y sensorial. **Ciencia y Tecnología Alimentaria**, v. 5, n.3, p. 214-225, 2006.
- REPO-CARRASCO-VALENCIA, R; HELLSTROM, J.K; PIHLAVA, J.K; PIHLAVA, J.M. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kaniwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). **Food chemistry**, v. 120, p. 128–133, 2010.
- RESENDE, G. M.; DIAS, R. C. S. **Cultivo de melancia**. Embrapa Semiárido, Sistemas de Produção, Dez. 2006. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br:8080/sistema_producao/ Acesso em 02 de julho de 2017
- RIBEIRO, E.P; SEVARALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. 2ª ed. São Paulo: Blucher, RIBEIRO, W.S.; BARBOSA, J.A.; CARNEIRO, G.G.; LUCENA, H.H.; ALMEIDA, E.I.B. Controle do fungo penducular do abacaxi pérola. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*. v.13, n.1, p.1-6, 2011.
- ROBERTS, J. S.; KIDD, D. R.; PADILLA-ZAKOUR, O. Drying kinetics of grape seeds. **Journal of Food Engineering**, v.89, n.4, p.460-465, 2008.
- ROCHA, C. T. **Obtenção de suco misto de açaí, morango e acerola em pó por diferentes processos de secagem**. 2013. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias (UFES), 2013.
- ROCHA, R.M.; **Sistemas de cultivo para a cultura da melancia**. 2010. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo – Área

de Concentração Biodinâmica e Manejo do Solo, do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), 2010.

SACRAMENTO, C. K.; BARRETTO, W. S.; FARIA, J. C. Araçá-boi: uma alternativa para agroindústria. **Bahia Agrícola**, v. 8, n. 2, 2008.

SANTANA, A. A. **Obtenção da polpa de pequi e do leite de coco babaçu microencapsulados através da secagem por aspersão**. 2013. 344 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.

SANTOS, A. A. C.; FLORÊNCIO, A. K. G.; ROCHA, E. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Avaliação físico-química e comportamento higroscópico de goiaba em pó obtida por *spray-dryer*. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.3, p.508-514, 2014.

SANTOS, D.C.; OLIVEIRA, E.N.A.; MARTINS, J.N.; ROCHA, A.P.T. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Ponta Grossa, v. 9, n.2, p. 1875-1887, 2015.

SANTOS, G. R.; LEÃO, E. U.; GONÇALVES, C. G.; CARDON, C. H. Manejo da adubação potássica e da irrigação no progresso de doenças fúngicas e produtividade da melancia. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, v. 31, n. 1, p. 36-44, Mar. 2013.

SANTOS, P. H. S.; SILVA, M. A. Retention of Vitamin C in drying processes of fruits and vegetables – a review, **Drying Technology**, v. 26, n. 12, 2008.

SANTOS, P. M.; RAMOS, J. V.; LEITE, J. B. V. et al. Avaliação de genótipos de aceroleira (*Malpighia glabra* L.), na região Sudeste da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém, **Anais...** Belém: SBF, 2002. CD-ROM.

SCHIOZER, A. L.; BARATA, L. E. S. Estabilidade de Corantes e Pigmentos de Origem Vegetal. **Revista Fitos**. n.2, p. 6-24, 2007.

SCHUBERT, H. Food particle technology. Part I: properties of particles and particles food systems. **Journal of Food Engineering**, v. 6, n. 1, p. 1-30, 1993.

SEVERO, L. S.; MACIEL, R. M. G.; AFONSO, M. R. A; COSTA, J. M. C. Obtenção de banana em pó pelo método de desidratação Foam Mat. **XI Simpósio Latino Americano de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. ISSN: 2447-2840. Vol. 2, 2015.

SEVERO, L.S. **Obtenção de polpa de banana em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. 2016. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

SHISHIR, M. R. I.; TAIP, F. S.; SAIFULLAH, M.; AZIZ, N. A.; TALI, R. A. Effect of packaging materials and storage temperature on the retention of physicochemical properties of vacuum packed pink guava powder. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 12, p. 83–90, 2017.

SILVA FILHO, E.D. **Obtenção e avaliação da qualidade da polpa da manga cv. Haden em pó, pelo método de secagem em camada de espuma**. 2012. 190f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SILVA, A.S. et al. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p.1889-1905, 2008.

SILVA, A.S.; GURJÃO, K.C.O.; ALMEIDA, F.A.C.; BRUNO, R.L.A.; PEREIRA, W.E. Desidratação da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1899-1905, nov./dez., 2008.

SILVA, D. S. **Estabilidade do suco tropical de goiaba (*Pisidium guajava* L) obtido pelos processos de enchimento à quente e asséptico**. 2007. 82f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SILVA, F. de A. S. e.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. Afr. **Journal of Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.

SILVA, H. W.; RODOVALHO, R. S.; VELASCO, M. F.; SILVA, C. F.; VALE, L. S. R. Kinetics and thermodynamic properties related to the drying of ‘Cabacinha’ pepper fruits. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 174–180, 2016.

SILVA, J. R. et al. Interação genótipo x ambiente em melancia no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga, Mossoró**, v. 21, n. 1, p. 95-100, 2008.

SILVA, M. F. V. **Efeito dos diferentes tratamentos e embalagens nas características da polpa de acerola e na determinação dos teores de ácido ascórbico e das antocianinas durante o armazenamento**. 1999. 224 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 1999.

SILVA, M.I.; MARTINS, J.N.; ALVES, J.E.A.; COSTA, F.F.P. Caracterização físico-química da polpa de umbu em camada de espuma. *Revista Semiárido De Visu*, v. 3, n. 2, p.82-91, 2015.

SILVA, P. T.; FIALHO, E.; LOPES, M. L. M.; VALENTE-MESQUITA, V. L. Sucos de laranja industrializados e preparados sólidos para refrescos: estabilidade química e físico-química. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 3, p. 597-602, 2005.

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

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FEITOSA, R. M. Isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.30, n.1, p.33-36, 2015.

SILVA, R.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; FEITOSA, R.M. Processamento e caracterização físico-química do suco misto melancia com pepino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal-PB, v.11, Nº 3, p. 65-68, 2016.

SIZER, F.S; WHITNEY, E.N. **Nutrição: conceitos e controvérsias**. 8. ed. Barueri: Manole, 2003.

SOARES FILHO, W.S.; OLIVEIRA, J.R.P. Introdução. In: R. RITZINGER, A.K. KOBAYASHI et al. (ED). **A cultura da aceroleira**. Cruz das Almas, BA: Embrapa, Mandioca e Fruticultura, Introdução, p. 198, 2003.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leite de espuma**. 2009. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA Jr., A.; SOUZA FILHO, M. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “Foam-Mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 21(2): 164-170, maio-ago. 2001.

SOARES, M.; WELTER, L.; KUSKOSKI, E.M.; GONZAGA, L.; FETT, R. Compostos fenólicos e atividade antioxidante da casca de uvas Niágara e Isabel. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 059-064, 2008.

SOLVAL, K. M.; SUNDARARAJAN, S.; ALFARO, L.; SATHIVEL, S. Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology. **Food Science Technology, Campinas**, v. 46, p. 287- 293, 2012.

SOUSA, E. P.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. M.; CASTRO, D. S.; LEMOS, D. M. Mathematical modeling of pequi pulp drying and effective diffusivity determination. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 7, p. 493-498, 2017.

SOUSA, E.P. **Secagem convectiva da polpa de pequi para elaboração de condimento**. 2016. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, 2016.

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

SOUSA, P. H. M. **Desidratação osmótica de banana com e sem vácuo com complemento de secagem em estufa de circulação de ar**. Fortaleza, 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)- Universidade Federal do Ceará.

SOUZA, J. S. **Secagem de misturas de polpa de fruta tropicais em leite de jorro**. 2009, 155 f. Tese (Doutorado em engenharia química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2009.

SOUZA, J. S.; ARAÚJO, V. P. U.; SOUZA JR, F. E.; ROCHA, S. C. S.; MEDEIROS, M. F. D. Estudo higroscópico e caracterização do mix em pó obtido através do processo de secagem em Leite de Jorro. **Associação brasileira de Química-Seção Regional do Rio Grande do Norte (ABQ-RN)**, 2007

SOUZA, M. J. H.; GUIMARÃES, M. C. A.; GUIMARÃES, C. D. L.; FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, A. M. S. Potencial agroclimático para a cultura da acerola no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.2, p.390–396, 2006.

SOUZA, V.C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2011.67f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2011.

STRINGHETA, P. C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da inflorescência do capim gordura**. 1991. 138 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) -Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1991.

SUN,J.; CHU,Y.F.; WU,X.; LIU,R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. **Journal Agricultural Food Chemistry** , v.50, p.7449–7454, 2002.

SZENT-GYÖRGYI, A. Vitamin C . In: COMBS JR., G. F. **The vitamins: fundamental aspects in nutrition and health**. 2. ed. San Diego: Academic Press, p. 3-7, 1999.

TACO (**Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**). 4ed. revisada e ampliada. Campinas, SP: UNICAMP, 2011.

TEIXEIRA, F. A.; DIAS, R. C. S.; QUEIROZ, M. A.; DAMACENO, L. S.; LIMA, M. A C. Qualidade físico-química de genótipos de melancia. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51. Anais...** Viçosa: ABH. S5023-S5029. 2011.

- TEMÓTEO, J. L. M.; GOMES, E. M. S.; SILVA, E. V. L.; CORREIA, A. G. S.; SOUSA, J. S. Avaliação de Vitamina C, Acidez e pH em polpas de acerola, cajá e goiaba de uma marca comercializada em Maceió – Alagoas. **VII CONNEPI**, Palmas, Tocantins, 2012.
- THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. **Journal of Food Engineering**, Essex, v.86, p. 573–583, 2008.
- THYS, R. C. S.; NOREÑA, C.P.Z.; MARCZACK, L.D.F.; AIRES, A.G.; OLIVERA, F.C. Adsorption isotherms of pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch and thermodynamic analysis. **Journal of Food Engineering**, Londres, v. 100, n. 3, p. 468-473, 2010.
- TIMMERMANN, E. O. Multilayer sorption parameters: BET or GAB values? **Colloids and surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.220, p.235-260, 2003.
- TLILI, I.; HDIDER, C.; LENUCCI, M.S.; ILAHY, R.; JEBARI, H.; DALESSANDRO, G. Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 24, p.923 - 928, 2011.
- TONON, R. V. **Secagem por atomização do suco de açaí: influência das variáveis de processo, qualidade e estabilidade do produto**. 2009. 242 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- TORRES, A.C.L.; FERNANDES, T.K.S.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. **Cinética de secagem de fatias de goiaba submetidas a diferentes tratamentos e temperaturas**. VI Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal da Campina Grande, 2009.
- TROLLER, J.A.; SCOTT, V.N. Measurement of water activity (A_w) and acidity. In: *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (edited by C. Vanderzant & D.F. Splittstoesser), 3 rd edn. Washington, DC: **American Public Health Association**, 1992.
- TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, D.; MAROULIS, Z. B. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. **Journal of Food Science**, v. 55, n. 6, p. 1594-1597, 1990.

TURCHIULI, C.; ELOUALIA, Z.; MANSOURI, N. E.; DUMOULIN, E. Fluidised bed agglomeration: Agglomerates shape and end-use properties. **Powder Technology**, v. 157, p. 168–175, 2005.

UBOLDI-EIROA, M. N. Microbiologia de frutas e hortaliças desidratadas. In: AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas, ITAL 1996. p. 611–626 (Manual Técnico).

USDA. (United States Department of Agriculture) **National Nutrient Database for Standard Reference**, 2001. Disponível em <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/list>. Acesso em 04 de abril de 2017.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **National Nutrient Database for Standard. Release**, Washington, 2003. Disponível em: https://www.nal.usda.gov/fnic/cgi-bin/nut_search.pl?acerola. Acesso em: 22 de maio de 2017.

VAN ARSDEL.; COPLEY. **Food dehydration**, Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1964. v. 2, 721 p.

VENDRAMINI, A. L.; TRUGO, L. C. Phenolic compounds in acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.). **Journal Brazilian Chemical Society**, v.15, n.5, p. 664-668, 2004.

VENDRAMINI, A.L.; TRUGO, L.C. Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia glabra* L.) at three stages of maturity. **Food Chemistry**, London, v.71, n.2, p.195-198, 2000.

VENTURINI FILHO, W.G. **Bebidas não alcoólicas: Ciência e Tecnologia**, vol. 2 – Editora Blucher, 2010.

VIEIRA, H.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e ciências da terra**, n.1, v.7, 2007.

VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINI-FILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 33, n. 3, p. 888-897, Setembro, 2011.

VISSOTTO, F. Z.; MONTENEGRO, F. M.; SANTOS, J. M. e OLIVEIRA, S. J. R. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades

físicas de achocolatado em pó. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n.3, p. 666-671, 2006.

VORAGEN, A. G. J.; COENEN, G.-J.; VERHOEF, R. P. & SCHOLS, H. A.-STRUCT. **Chemistry Central Journal**, v. 20, p.263, 2009.

WATERHOUSE, A. 2012. Folin-Ciocalteu micro method for total phenol in wine. Disponível em: <http://waterhouse.ucdavis.edu/phenol/folinmicro.htm>. Acesso em: 05 maio 2012.

WATERHOUSE, A. Folin-ciocalteu micro method for total phenol in wine. *American Journal of Enology and Viticulture*, p. 3-5, 2006.

WENZEL, G. E. **Bioquímica Experimental dos Alimentos**. São Leopoldo/RS: Editora Unisinos, 2001.

WILLATS, W. G. T; KNOX, J. P.; MIKKELSEN, J. D. **Trends Food Sc. Tech.**, 17, p.97, 2006.

ZEA, L. P.; YUSOF, Y. A.; AZIZ, M. G.; LING, C. N.; AMIN, N. A. M. Compressibility and dissolution characteristics of mixed fruit tablets made from guava and pitaya fruit powders. **Powder Technology**, v. 247, p. 112-119, 2013.

APÊNDICE A

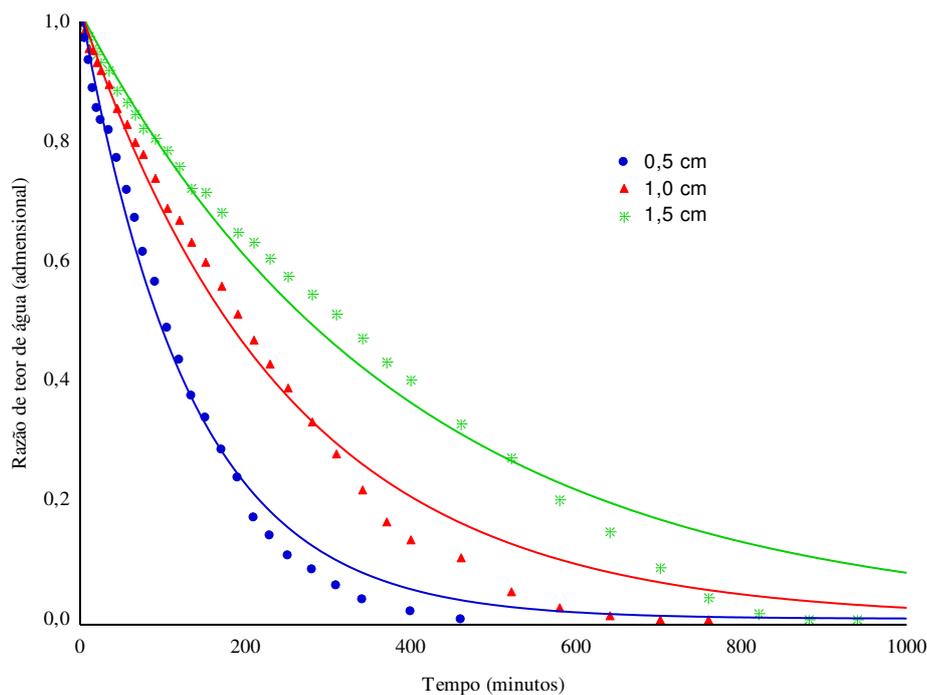


Figura A.1 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Dois Termos nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 60 °C

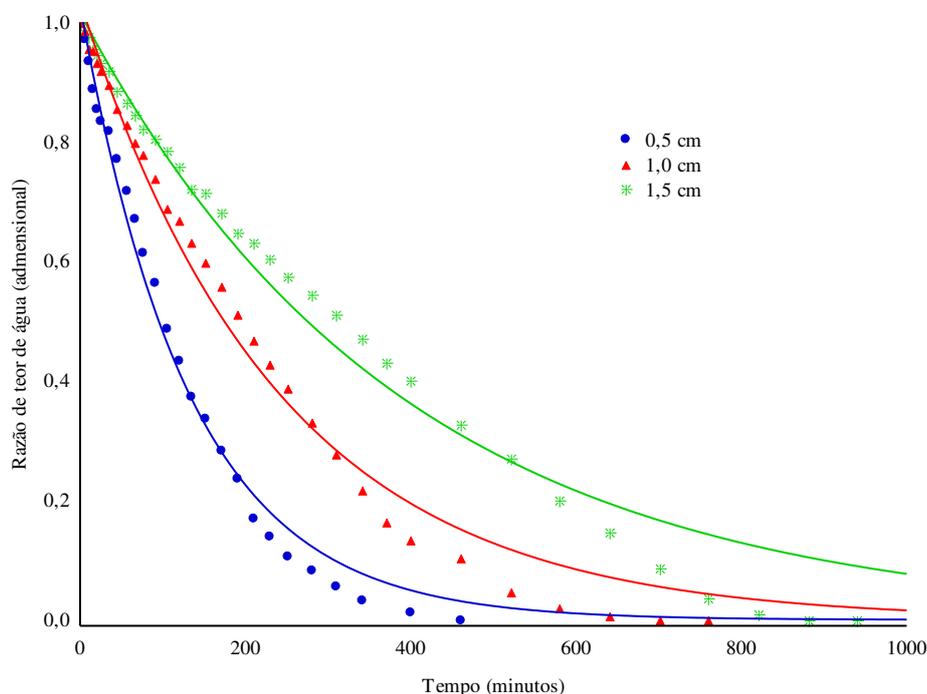


Figura A.2 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Handerson e Pabis nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 60 °C.

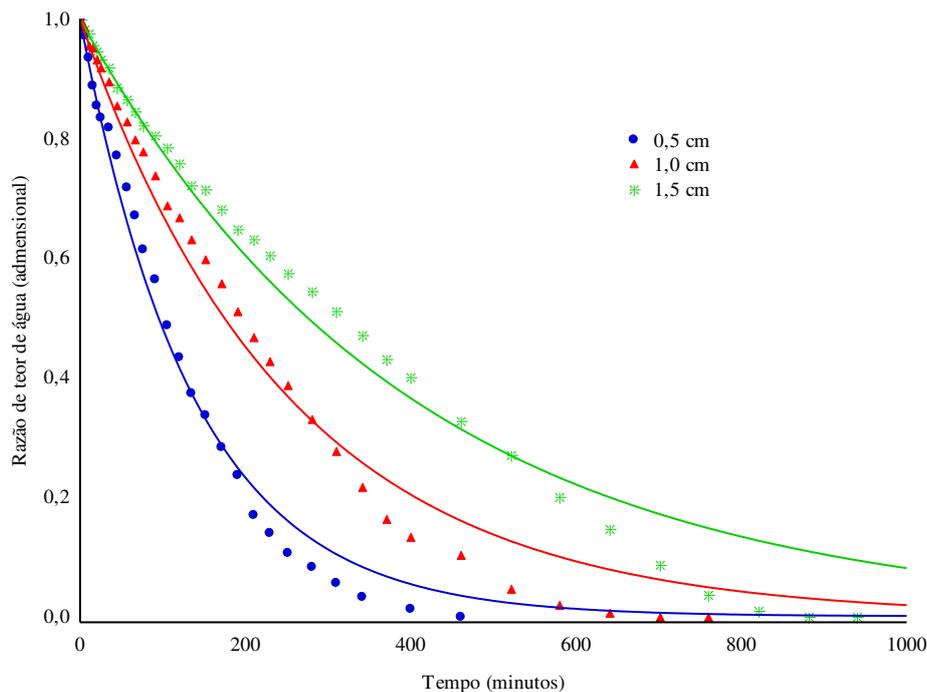


Figura A.3 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Lewis nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 60 °C

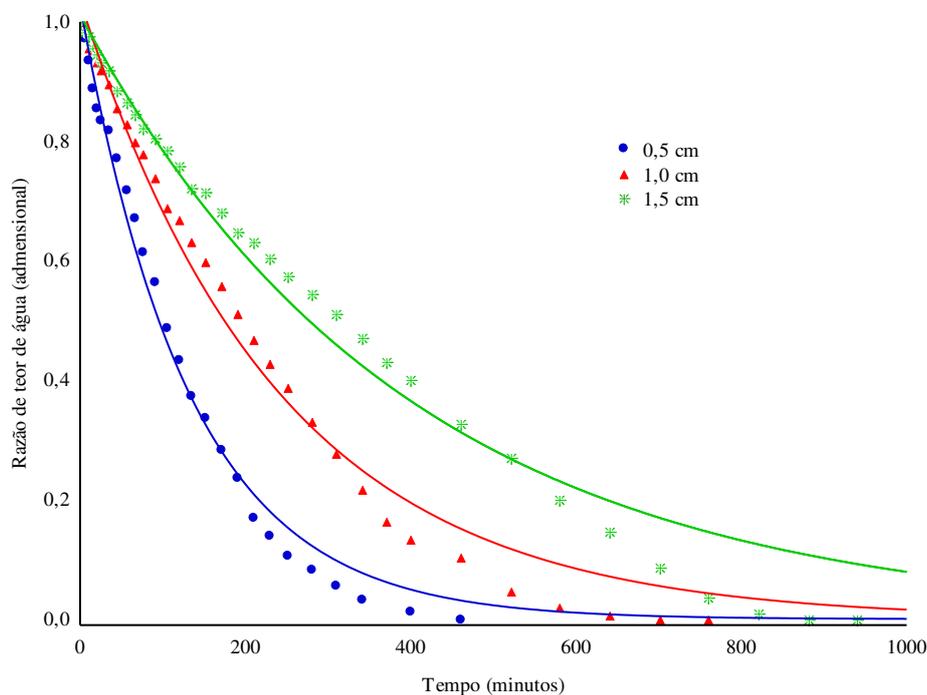


Figura A.4 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Handerson e Pabis modificado nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 60 °C

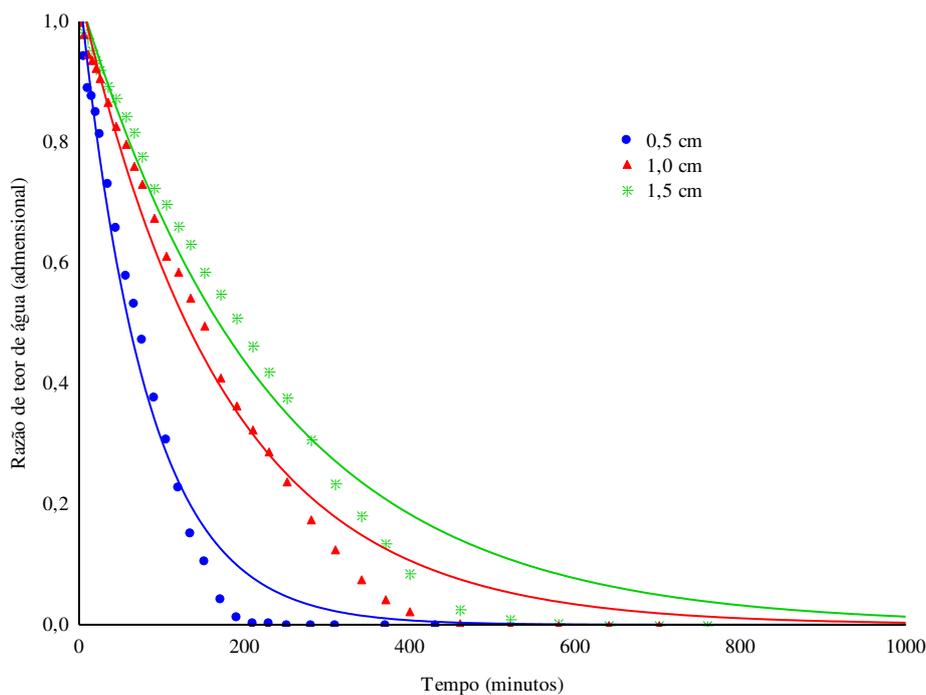


Figura A.5 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Dois Termos nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 70 °C

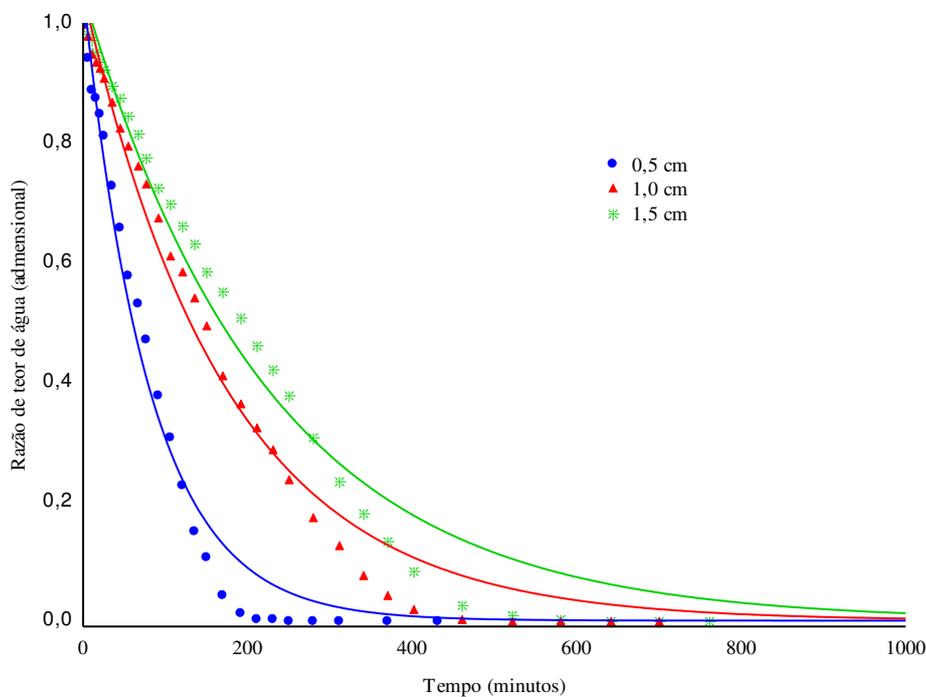


Figura A.6 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Handerson e Pabis nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 70 °C

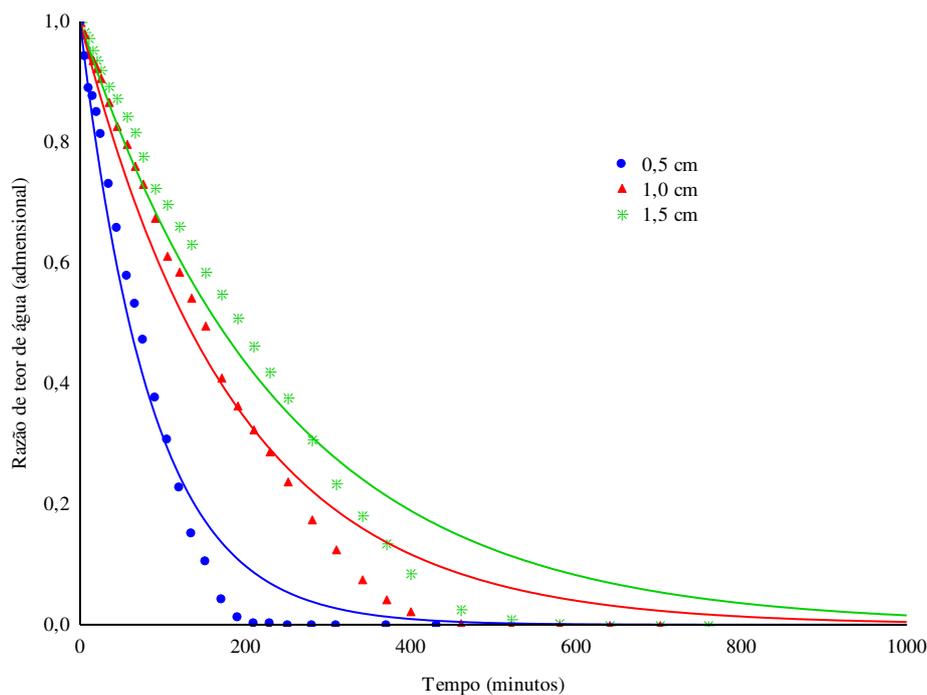


Figura A.7 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Lewis nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 70 °C

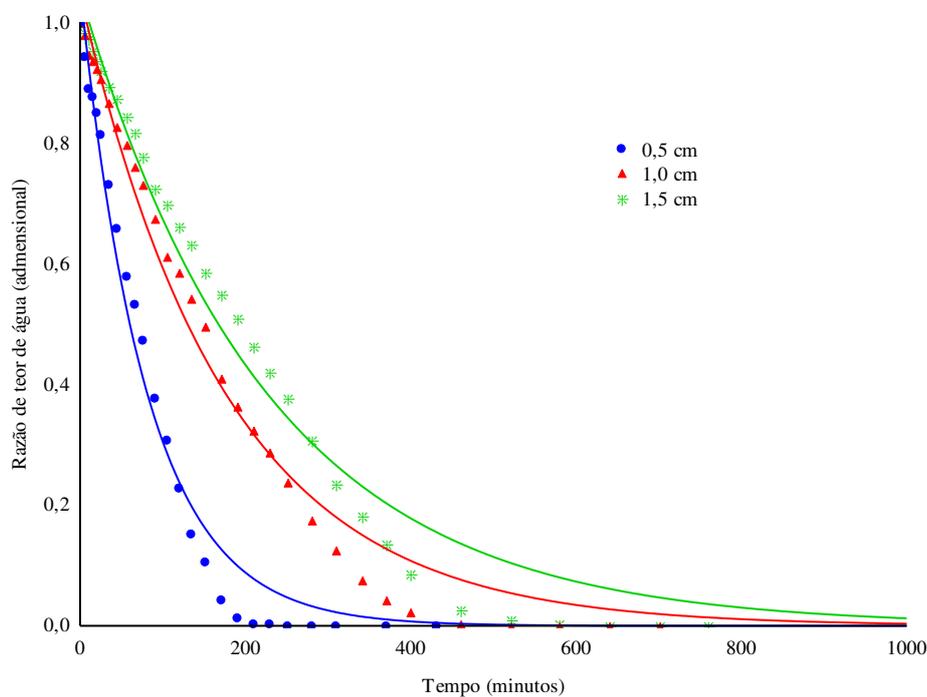


Figura A.8 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Handerson e Pabis modificado nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 70 °C

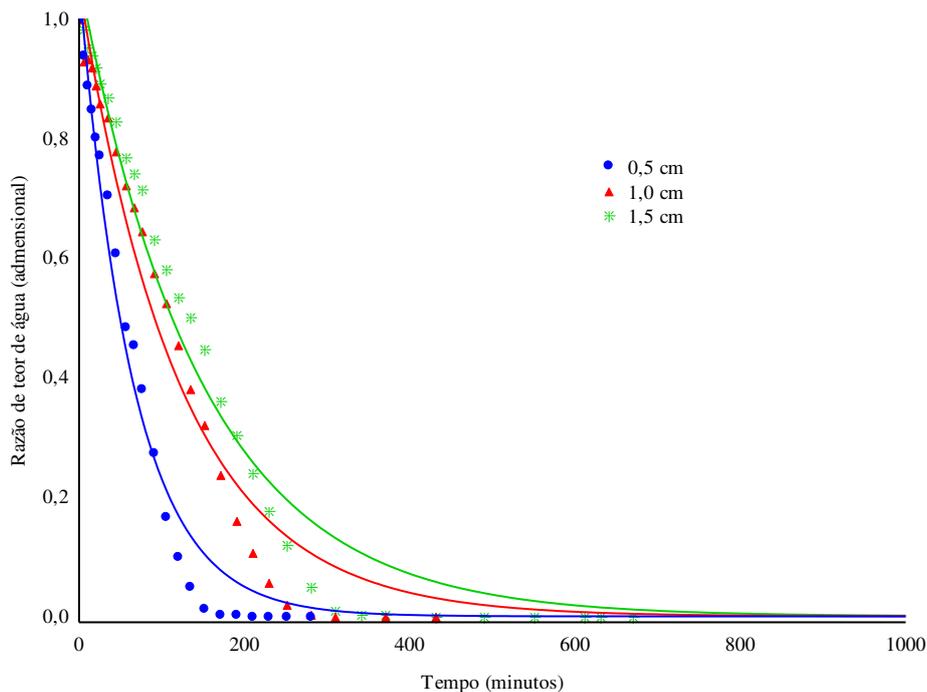


Figura A.9 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Dois Termos modificado nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 80 °C

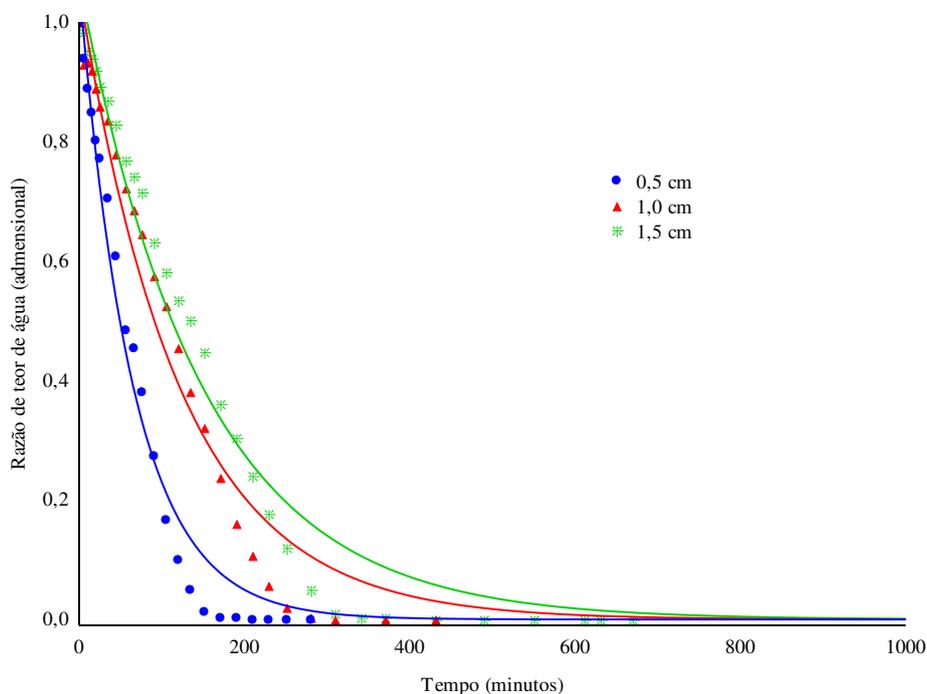


Figura A.10 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Handerson e Pabis nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 80 °C

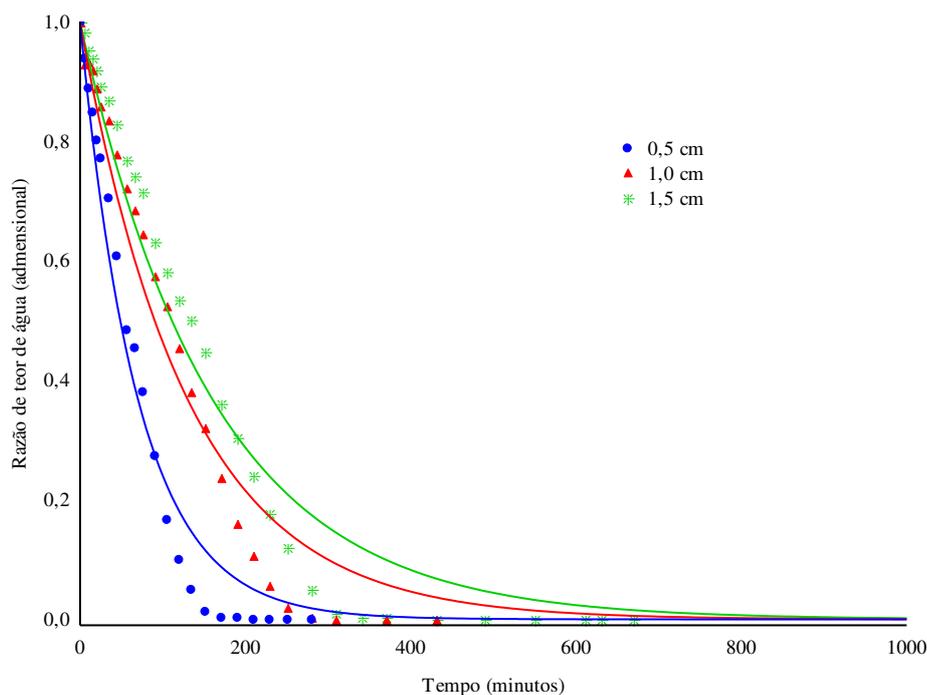


Figura A.11 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Lewis nas camadas de 0,5, 1, 0 e 1,5 cm e na temperatura de 80 °C

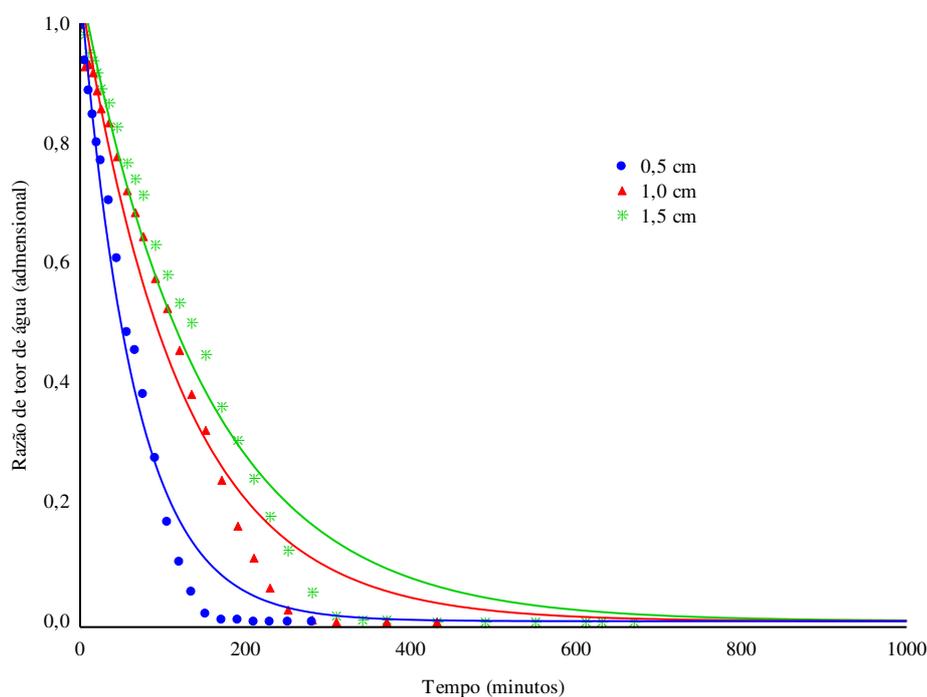


Figura A.12 - Curvas de cinética de secagem do pó do mix das polpas de melancia e acerola ajustadas ao modelo matemático de Handerson e Pabis modificado nas camadas de 0,5, 1,0 e 1,5 cm e na temperatura de 80 °C