

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

Thiago Batista Simões

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE
ESPUMA (*FOAM-MAT DRYING*) DAS FOLHAS DO MASTRUZ (*Chenopodium
ambrosioides L.*)**

João Pessoa - Paraíba

2017

Thiago Batista Simões

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE
ESPUMA (*FOAM-MAT DRYING*) DAS FOLHAS DO MASTRUZ (*Chenopodium
ambrosioides L.*)**

Trabalho Final de Curso
apresentado a Universidade Federal da
Paraíba-UEPB, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Josilene de Assis
Cavalcante.

João Pessoa - Paraíba

2017

S594d Simões, Thiago Batista

Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) das folhas do mastroz (*chenopodium ambrosioides l.*). / Thiago Batista Simões. – João Pessoa, 2017.

90 f. il.

Orientador: Prof. Dr. Josilene de Assis Cavalcante.

Monografia (Curso de Graduação em Bacharel em Engenharia Química) Campus I - UFPB / Universidade Federal da Paraíba.

1. Agente espumante. 2. Estabilidade da espuma. 3. Incorporação de ar (*over run*). I. Título.

BS/CT/UFPB

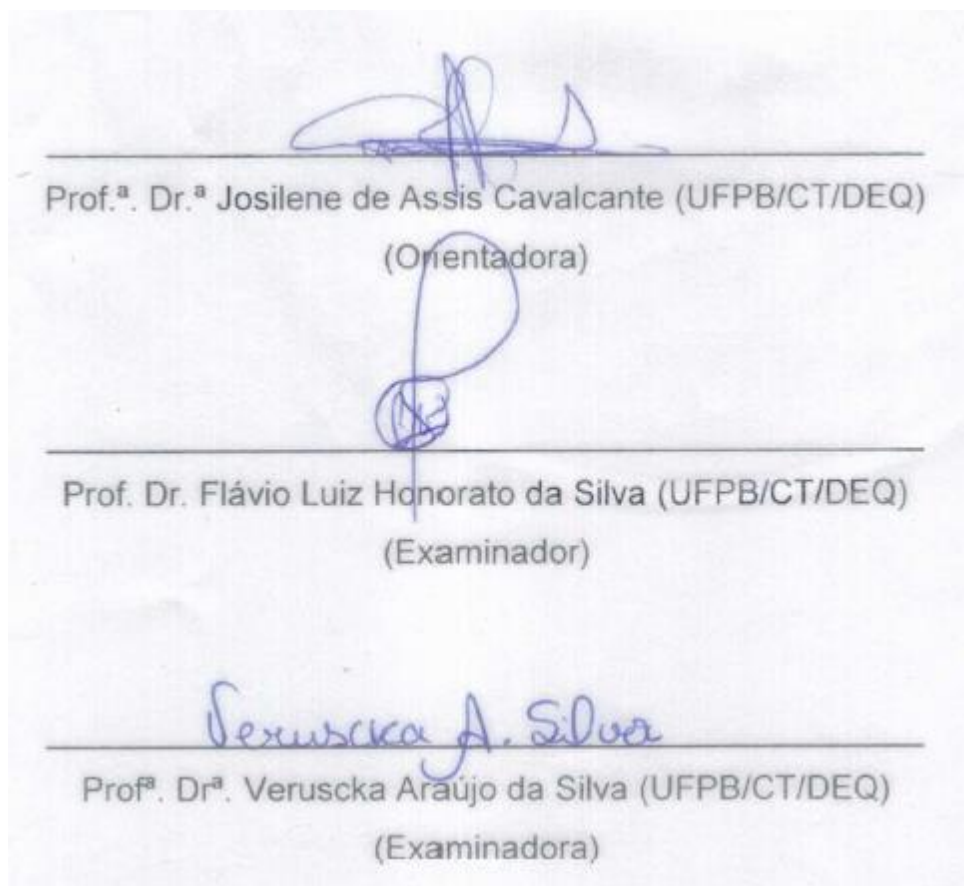
CDU: 2.ed.

Thiago Batista Simões

**Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma
(*foam-mat drying*) das folhas do Mastruz (*chenopodium ambrosioides* L.)**

Trabalho Final de Curso apresentado à Universidade Federal da Paraíba
como requisito necessário para obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Química.

Banca Examinadora:



Dedico este trabalho
aos meus pais por todo amor,
apoio e por nunca medirem
esforços para que este
momento pudesse se
concretizar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois a sua presença foi a luz que iluminou o meu caminho. Agradeço a Ele por me dar as forças necessárias para vencer esta etapa.

Aos meus pais Maria José Batista Simões e Vimário Simões Silva por todo amor, compreensão, incentivo e esforço para me proporcionar a realização desse sonho.

Ao meu irmão Matheus por sempre estar ao meu lado me apoiando durante todos os momentos da minha vida.

A minha namorada Amanda Letícia por todo amor, carinho, apoio e por sempre estar ao meu lado me dando forças para superar as dificuldades.

Aos meus familiares (avós, avô, tios, tias, primos e primas). Em especial aos meus primos Fabio e Cinthya por todo o companheirismo e por sempre me apoiarem durante os anos de curso.

A todos os meus amigos de universidade por toda a amizade e companheirismo nos momentos bons e suporte nos mais difíceis. Em especial a Felipe Augusto, Jefferson Thiago, Jéssica Kelly, Tatiana Dias, Karina Soares, João de Queiroz, Gessyca Borges, Marcos Moraes, Gustavo Maia, Thaffarel Guedes, Juliane Nascimento e Leanderson Araújo.

A professora e orientadora Josilene de Assis Cavalcante por toda amizade, paciência, carinho, apoio e por todos os ensinamentos que me guiaram durante a realização deste trabalho.

A todos os professores que transmitiram os seus conhecimentos e contribuíram para a minha formação profissional e pessoal. Em especial aos professores Flavio Luiz Honorato da Silva e Nagel Alves Costa por todos os ensinamentos e por serem exemplos de educadores.

Aos meus amigos de Campina Grande: Caio Nóbrega, Bianca Souto, Rômulo Benício, Talita Durand e Steffane Luise, que sempre me ajudaram quando puderam e mostraram que a distância não abala uma grande amizade.

E por fim, a toda equipe do LABTERMO por toda a ajuda durante a execução deste trabalho.

“É preciso força pra sonhar e perceber
que a estrada vai além do que se vê”.

(Los Hermanos)

RESUMO

A utilização de plantas medicinais é uma prática de uso popular bastante comum como forma de tratamento de diversas doenças. O Mastruz, nome popular da *Chenopodium ambrosioides* L. possui um cheiro forte e característico. O sumo do mastruz possui várias aplicações, como: anti-inflamatório, vermífuga, antimicrobiana, anti-helmíntica, antirreumático, antipirético, cicatrizante, entre outros. Para plantas medicinais, a secagem é uma etapa de preparação bastante recomendada, pois a longevidade das folhas após serem removidas é curta. Dentre as diversas técnicas de secagem, o método da camada de espuma (*foam-mat drying*) vem se destacando por ser simples e de baixo custo, e permitindo o uso de temperaturas mais brandas. Nessa técnica, alimentos líquidos ou semi-líquidos podem ser transformados em pó após uma agitação e adição de agentes espumantes. Esse trabalho teve como objetivo definir os melhores parâmetros para a secagem em camada de espuma da folha de mastruz. Foram testados vários espumantes. A espuma do mastruz foi caracterizada através de análises densidade, incorporação de ar (*over run*), estabilidade e umidade. Dos espumantes testados o Emustab® foi o que apresentou melhor resultado. Na análise de densidade foi observado que seu valor decai quando se aumenta o tempo de agitação; nas análises de estabilidade e incorporação de ar (*over run*) foi observado que o aumento do tempo de agitação e da concentração proporcionam uma espuma mais estável e com maior expansão de volume, respectivamente. Com base nos resultados obtidos na secagem, pôde-se concluir que as condições do experimento 8 (70°C, 6 min e 30%) são bastante satisfatórias para que o método de secagem em camada de espuma ocorra de forma eficiente.

Palavras-chave: agente espumante; estabilidade da espuma; incorporação de ar (*over run*);

ABSTRACT

The use of medicinal plants is a practice of popular use quite common as a way of treating various diseases. Mastruz, the popular name of *Chenopodium ambrosioides* L., has a strong and characteristic smell. Its juice has several applications, such as anti-inflammatory, vermifuge, antimicrobial, anthelmintic, antirheumatic, antipyretic, healing, among others. For medicinal plants, drying is a very recommended preparation stage because the longevity of the leaves after being removed is short. Among the various drying techniques, the foam-mat drying method stands out for being simple and low cost, allowing the use of milder temperatures. In this technique, liquid or semi-liquid foods are powdered after stirring and addition of foaming agents. This work aims to define the best parameters for the foam layer drying of the Mastruz leaf. Several foams were tested. The Mastruz foam was characterized by analysis of density, over run, stability and humidity. Of foaming agents tested, the Emustab® was the one that presented the best result. In the density analysis it was observed that its value decreases when the agitation time is increased; in stability and air over run analyzes it was observed that increasing in the stirring time and the concentration provide a more stable foam and a higher volume expansion, respectively. Based on the results obtained in the drying, it can be concluded that the conditions of experiment 8 (70°C, 6 min and 30%) are quite satisfactory for the foam layer drying method to take place efficiently.

Key-words: foaming agent; foam stability; incorporation of air (over run);

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. GERAL	13
2.2. ESPECÍFICOS	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1. MASTRUZ (<i>Chenopodium ambrosioides</i> L.)	14
3.2. APLICAÇÕES DO MASTRUZ	16
3.3. SECAGEM	17
3.4. SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA	20
3.5. AGENTES ESPUMANTES: EMULSIFICANTES E ESTABILIZANTES	23
3.5.1. Emustab®	24
3.5.2. Albumina	24
3.5.3. Super Liga Neutra®	24
3.5.4. Carboximetilcelulose (CMC)	25
4. MATERIAL E METODOLOGIA	25
4.1. Matéria-prima	25
4.2. METODOLOGIA	26
4.2.1. Preparação da Espuma	26
4.2.2. Planejamento Experimental	27
4.2.3. Caracterização física da espuma	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1. Escolha do agente espumante	34

5.2. Estabilidade da espuma	37
5.3. Capacidade de incorporação de ar (<i>over run</i>)	40
5.4. Densidade.....	41
5.5. Umidade.....	42
5.6. Secagem em camada de espuma	43
5.7. Características do produto seco.....	44
6. CONCLUSÕES	46
7. REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

As práticas populares são o que muitas comunidades têm como alternativa viável para o tratamento de doenças ou manutenção de saúde, por ser um conhecimento mantido, principalmente, por meio da tradição oral. Desde tempos remotos até os dias de hoje, o conhecimento adquirido pelas comunidades vem se aperfeiçoando empiricamente, e uma grande parte de plantas, com comprovação científica de suas propriedades terapêuticas, despertou o interesse da ciência moderna pelos resultados apresentados através dos conhecimentos empíricos (FERRO, 2006).

A utilização de plantas medicinais é uma prática comum nos países, fazendo parte da cultura popular como forma de tratamento de diferentes patologias. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a usualidade na medicina tradicional é de aproximadamente 65-80% por pessoas nos países subdesenvolvidos para assistência primária de saúde, sendo 85% a partir de extratos de plantas (GONÇALVES, ALVES FILHO e MENEZES, 2005).

O Mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.) é uma planta medicinal herbácea, originária da América Central do Sul, de cheiro forte, desagradável e característico, que ocorre em todo o país de forma silvestre, sendo planta daninha em algumas regiões do país. As folhas e frutos acumulam óleo essencial rico em ascaridol, princípio ativo responsável pelo efeito vermífugo da planta (LORENZI e MATOS, 2002).

O uso medicinal Mastruz é popularmente utilizado para o tratamento de parasitoses intestinais, tais como ascaridíase e ancilostomose. Também é utilizado para problemas respiratórios, como anti-inflamatório e anti-helmíntico.

Para plantas medicinais, a secagem é uma etapa de preparação feita normalmente para atender às necessidades da indústria farmacêutica de fitoterápicos, que não tem estrutura para usar as plantas frescas para a demanda de produção exigida (MARTINAZZO, 2006).

O mecanismo de secagem consiste nos processos de transferência simultânea de calor e massa com mudança de fase, em que o ar aquecido

transfere energia na forma de calor ao alimento suficiente até atingir o calor latente de vaporização de água (BOEIRA, STRINGARI e LAURINDO, 2007).

O método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) é uma técnica que promove rápida secagem de alimentos líquidos, tais como sucos de frutas e vem sendo muito utilizada também para alimentos pastosos como purês ou polpas de frutas (MARQUES, 2009). Trata-se de um processo simples e de baixo custo e sua maior dificuldade é manter a estabilidade da espuma durante a aplicação do calor. Existem diversas variáveis que afetam a formação da espuma como: natureza química do material, teor de sólidos solúveis, tipo e concentração do agente espumante e tipo e concentração do estabilizante da espuma (KARIM e WAY, 1999).

2. OBJETIVOS

2.1. GERAL

Definir os melhores parâmetros para a secagem em camada de espuma da folha de mastruz.

2.2. ESPECÍFICOS

- Verificar se a folha tem ação espumante;
- Selecionar aditivos para formação de espuma;
- Avaliar diferentes concentrações de aditivos;
- Realizar a caracterização física da espuma, analisando a sua umidade, densidade, capacidade de incorporação de ar (*over run*) e estabilidade.
- Realizar a secagem em camada de espuma em três condições, variando os parâmetros: temperatura de secagem, concentração do espumante e tempo de agitação.
- Verificar as características do produto seco.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MASTRUZ (*Chenopodium ambrosioides* L.)

Chenopodium ambrosioides L. é uma planta herbácea do gênero *Chenopodium*, pertencente à família *Chenopodiaceae*, que é composta por mais de 100 gêneros de larga distribuição em todo o mundo (JOLY, 2002).

Chenopodium ambrosioides L. possui várias denominações populares nos diferentes lugares do mundo, sendo conhecido como erva Santa Maria, ambrósia do México, chá formiga, chá das lombrigas, chá das bichas, quenopódio, lombrigueira, paico, pazote ou epazote e no Brasil é mais conhecida como erva Santa Maria, mastruz e mastruço (PEREIRA et al., 2010).

As espécies pertencentes à família *Chenopodiaceae* são, geralmente, resistentes à seca e salinidade e conseguem se desenvolver bem em solos com poucos nutrientes, o que as torna pioneiras na colonização de ambientes (ZHANG et al., 2012).

É uma planta originária da América Central e do Sul, ocorre em todos os países tropicais e temperados de forma silvestre ou cultivados e é considerada como planta invasora (LORENZI e MATOS, 2002).

No Brasil é extensa a sua distribuição, com ocorrência em quase todo o território. A espécie é uma erva perene ou anual, que atinge até 1 m de altura, em média, sendo bastante ramificada (Figura 1).

Figura 1 – *Chenopodium ambrosioides* L.



Fonte: GRASSI (2011).

As folhas são alongadas, alternas, pecioladas, de tamanhos diversos, onde as menores ficam localizadas na parte superior da planta. As flores são pequenas, verdes, dispostas em espigas axilares densas. Produz numerosas sementes esféricas, pretas e ricas em óleo. Tem cheiro forte, desagradável e característico (SOUSA et al., 2004; LIMA et al., 2006). São a parte da planta mais usada na medicina popular como anti-helmíntica e também como antifúngica (FENNER et al., 2006). Sua ampla utilização deve-se à presença de elevados teores de ascaridol nas sementes, nas folhas e no caule (seu óleo essencial possui 90% de ascaridol) (GUALBERTO e XAVIER, 2006).

Suas sementes apresentam alto grau de dormência revelado pelo baixo poder germinativo e é nesse órgão que apresenta o maior teor de óleo essencial, 80 a 90% de ascaridol (MARTINS; SILVA; ALMASSY JÚNIOR, 2010).

São encontradas, na espécie, substâncias com atividades biológicas tais como, taninos, gomas, heterosídeos senevólicos, mucilagens, cumarinas, fenóis

(flavonoides), esteroides, terpenoides, carotenoides e alcaloides (BARROS et al., 2013).

3.2. APLICAÇÕES DO MASTRUZ

O sumo do mastruz possui características vermífuga e antimicrobiana, antirreumático, antipirético, fungicida, anti-úlceras, nematicida, larvicida, antitumoral e cicatrizante por apresentar em sua constituição um peróxido volátil denominado ascaridol que é seu princípio ativo. Por proporcionar poder anti-pruriginoso, é utilizado em feridas infectadas, facilitando a cicatrização (BRITO, 2007).

A planta triturada é comumente utilizada em processos inflamatórios, aliviando a dor e proporcionando o aumento da cicatrização, sendo empregada no tratamento de feridas, fraturas e contusões, problemas respiratórios como bronquite e tuberculose (LORENZI e MATOS, 2002). Entretanto, é a sua ação anti-helmíntica que a caracteriza como erva medicinal e que faz com que seja um dos remédios mais tradicionais utilizados pelo mundo (MONZOTE et al., 2007).

No Nordeste do Brasil, onde a espécie é largamente usada, as folhas são batidas no liquidificador com leite para tratamentos de gripe (MORAIS et al., 2005).

Em Minas Gerais, as folhas e sementes são utilizadas como anti-helmínticas, repelentes de insetos, contra contusões e corrimento vaginal; no Ceará, a infusão das folhas é utilizada contra gripe; em Brasília, as flores são utilizadas como purgante; no Rio Grande do Sul, é útil contra problemas de estômago, vermes, úlceras e para eliminar pulgas e piolhos; no Mato Grosso, como vermífugo e emoliente; no Pará, contra vermes e fraturas (COSTA e TAVARES, 2006).

A planta tem sido utilizada também na culinária tradicional. Suas folhas são usadas, frequentemente, como condimento e na preparação de bebidas e bolos (PICÓ; NUEZ, 2000).

Devido aos estudos farmacológicos demonstrarem suas potencialidades terapêuticas e ao amplo e reconhecido uso popular, *Chenopodium ambrosioides* é uma das 71 espécies vegetais presentes na Relação Nacional de Plantas

Medicinais de Interesse ao Sistema Único de Saúde (RENISUS), divulgada pelo Governo Brasileiro em 2009 (SÁ, 2013).

Dada à ampla distribuição de *Chenopodium ambrosioides* L. por muitas regiões do planeta, a Organização Mundial de Saúde (OMS) a considera como uma das plantas medicinais mais utilizadas em todo o mundo (LORENZI e MATOS, 2002).

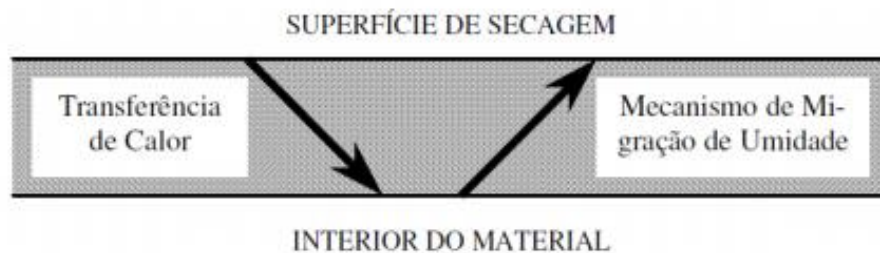
3.3. SECAGEM

A secagem é uma técnica antiga de conservação de alimentos que consiste na remoção de água ou qualquer outro líquido do alimento na forma de vapor para o ar não saturado. Esta técnica vem sendo constantemente estudada e aperfeiçoada para obtenção de produtos com maior qualidade e menor tempo de processamento (AKIPINAR et al., 2006).

A secagem diferencia da evaporação na forma de como a água é removida. Na evaporação, a remoção do vapor de água ocorre à temperatura igual ou acima do ponto de ebulição da água. Na secagem, a água quase sempre é removida como vapor com o alimento abaixo da temperatura de ebulição (GEANKOPLIS, 2003 apud RONCHETI, 2014).

O movimento de água do interior do material (Figura 2) até à superfície é analisado pelos mecanismos de transferência de massa, que indicará a dificuldade de secagem nos materiais. Durante a secagem, para que haja a evaporação de água da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície (PARK et al., 2007).

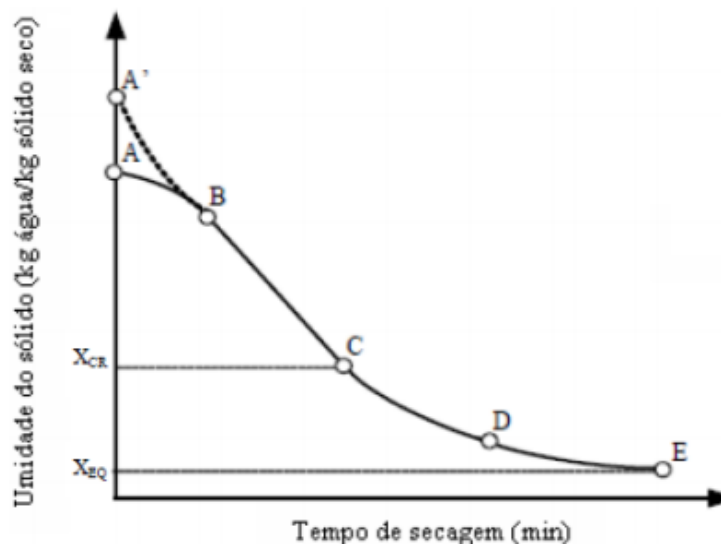
Figura 2–Esquema do movimento de água do interior do material.



Fonte: PARK et al. (2007)

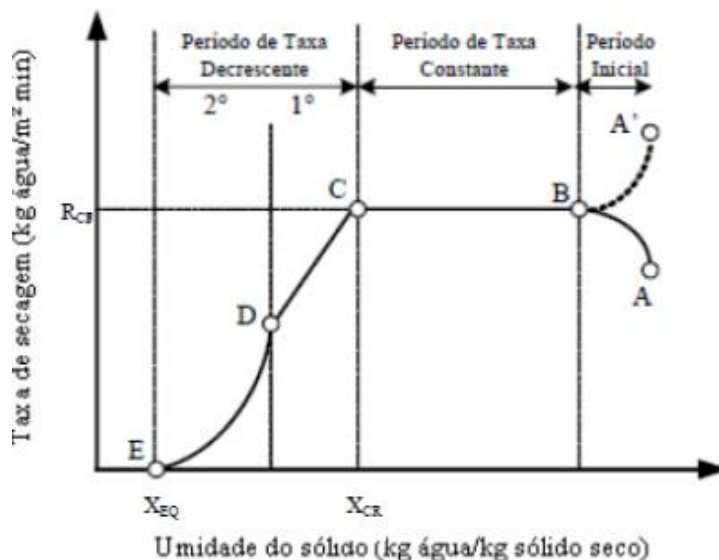
Os sólidos submetidos à secagem tendem a seguir um comportamento geral sob condições de temperatura e umidade relativas fixas, o qual é classificado em períodos como mostrados nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Curva experimental de cinética de secagem



Fonte: PERAZZINI (2011)

Figura 4–Curva experimental de taxa de secagem



Fonte: PERAZZINI (2011)

O período inicial da secagem é o qual as fases envolvidas tendem a uma condição de equilíbrio entre suas temperaturas (A' – B e AB). No primeiro caso, a fase gasosa está a uma temperatura abaixo da temperatura que encontra-se o sólido e absorve energia deste, diminuindo significativamente a taxa de secagem. No segundo caso, o sólido está a uma temperatura abaixo da temperatura de saturação adiabática do ar e a taxa de evaporação aumenta até o momento em que é atingida a condição de equilíbrio. Quando esta condição é estabelecida, a temperatura da superfície do sólido é igual à temperatura de bulbo úmido do ar, dando início ao período à taxa de secagem constante (B-C). Quando as temperaturas das fases se igualam e a estabilidade entre ambas permanece, a superfície do sólido é mantida saturada e o mecanismo dominante de transferência é a convecção.

Assim, a taxa de secagem se torna dependente das condições de temperatura, umidade e velocidade do ar. Este período à taxa de secagem constante ocorre apenas quando a migração da água do interior do material para a superfície do sólido ocorre tão rápido quanto a evaporação da água. O mesmo encerra quando o sólido atinge o grau de umidade crítica (X_{CR}), onde a temperatura de sua superfície aumenta e a taxa de secagem diminui rapidamente.

No período à taxa decrescente, o mecanismo controlador do processo de transferência de massa é a migração interna de umidade no interior do sólido para a sua superfície e é caracterizado pelo primeiro período (C-D) e pelo segundo período (D-E). O processo de secagem se encerra quando é atingido a umidade de equilíbrio (X_{eq}) (STRUMILLO e KUDRA, 1986; PERAZZINI, 2011).

A secagem por ar aquecido tem se destacado nos últimos tempos por ser uma técnica que mantém a qualidade e estabilidade dos alimentos, sem a necessidade da cadeia do frio. Este é um processo utilizado para preservar alimentos, no qual o alimento a ser seco é exposto a uma corrente de ar quente que flui continuamente e assim a umidade é removida. Apesar de garantir a estabilidade do alimento por longos períodos de estocagem, decréscimos na qualidade do produto final podem ser observados, tais como: dureza excessiva, degradação da cor, aroma e sabor (SOUZA NETO et al., 2005).

Outras vantagens da secagem para alimentos é que apesar das possíveis perdas de nutrientes que possam ocorrer, o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda de água. Os secadores semi-industriais têm baixo custo e a mão de obra não necessita ser especializada (CELESTINO, 2010).

3.4. SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

O método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) foi desenvolvido na década de 1950 por Morgan e sua equipe na Califórnia (MORGAN et al., 1959) e patenteada em 1961.

A secagem em camada de espuma é uma técnica na qual os alimentos líquidos podem ser transformados em pó utilizando agentes emulsificantes com vantagens de ser mais simples, secagem mais rápida, custo operacional menor, possibilita o uso de temperaturas mais baixas durante a secagem, preservando melhor o sabor e o valor nutricional (MARQUES, 2009).

De acordo com Rajkumar et al. (2007) é uma técnica que requer menores temperaturas e tempo de secagem, devido à maior área de superfície exposta ao

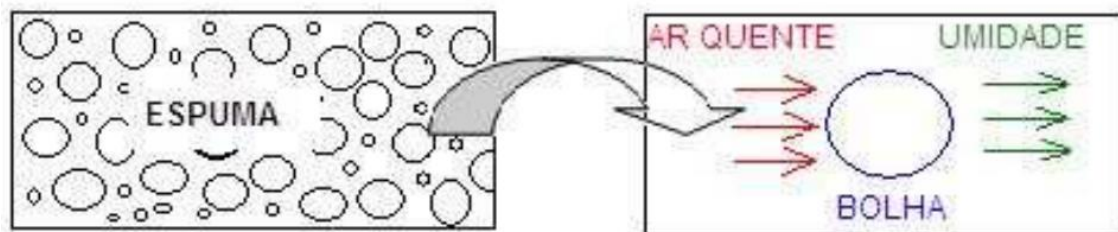
ar aquecido, acelerando desta forma o processo de remoção da água e obtenção de um produto poroso e de fácil reidratação.

O processo de secagem em camada de espuma 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 e desintegração da massa seca em escamas e, finalmente, em pó. Esse processo pode ser executado em temperaturas relativamente baixas, em torno de 70 °C ou menos, e mantém alta qualidade e boa estabilidade dos produtos, com testes em café, sucos de laranja, *grapefruit*, uva, carambola, banana, abacaxi, coco, batatas, alimento para crianças, leites, ameixa, maçã, sopas, cremes, ovos, tomate, acerola, tamarindo e outros produtos (SILVA et al., 2005).

Para que ocorra a formação da espuma é necessário o emprego de energia mecânica, que pode ser batimento, agitação ou aeração. Devido à grande área interfacial gás-líquido formada, uma espuma é fundamentalmente instável, sendo esta estabilidade dependente das propriedades mecânicas da interface (SOUZA, 2011).

Na Figura 5 é mostrado o mecanismo de secagem em camada de espuma. O esquema pode ser entendido como a formação de espuma no primeiro momento, e em um segundo momento, a sua exposição a uma corrente de ar quente. O movimento da umidade pelas forças capilares, através da película líquida que separa as bolhas da espuma proporciona a fácil secagem do material (DANTAS, 2010).

Figura 5 – Esquema da secagem em camada de espuma



Fonte: DANTAS (2010).

A secagem em camada de espuma consiste em um processo de conservação através do qual o material líquido ou semilíquido é transformado em uma espuma estável por meio de batadura e incorporação de ar ou outro gás, que é submetida à secagem com ar aquecido, até o ponto em que impeça o crescimento de micro-organismos, reações químicas e/ou enzimáticas. É um método relativamente simples e barato que se vale da utilização de agentes cuja finalidade é manter a espuma estável durante o processo (MELO, 2008).

O método de secagem em camada de espuma, quando comparado com outros métodos como *spray-drying* ou tambor rotativo apresenta vantagens e desvantagens. Uma das vantagens são as baixas temperaturas e curtos tempos de secagem, isso se deve ao fato da estrutura da espuma apresentar espaços preenchidos de ar, onde se torna caminhos preferenciais para a passagem da água, além disso, sua estrutura pode permanecer inalterada durante o processo aumentando a área exposta ao ar quente e facilitando a saída da água, o que preserva melhor o sabor e o valor nutricional. Isso também torna o processo relativamente mais simples e de baixo custo. Porém, para atender às elevadas taxas de produção, necessita de equipamentos com grande superfície de secagem, pois a camada de material é muito fina, elevando os custos do processo para grandes produções (CARNEIRO, 2008; MARQUES, 2009; SOUZA, 2011).

Como desvantagens, além do elevado custo para grandes demandas de produção, esse método necessita da utilização de reagentes espumantes, que podem modificar características sensoriais do alimento como sabor, aroma e cor. Outra desvantagem e ponto crítico do processo é a dificuldade encontrada na formação da espuma e estabilidade da espuma durante o processo de secagem. A formação, a densidade e a estabilidade das espumas são afetadas por diversas variáveis como a natureza química do material, teor de sólidos solúveis e, principalmente, pelo tipo e concentração do agente espumante (MARQUES, 2009).

A densidade e a estabilidade da espuma são as características mais relevantes na secagem em camada de espuma, assim o conhecimento das concentrações ideais do aditivo utilizado em estudos com frutas é fundamental. A

determinação das melhores formulações fará com que as espumas utilizadas na secagem sejam capazes de suportar diversas operações mecânicas incluindo bombeamento, espalhamento, assim como a própria secagem (CRUZ, 2013).

Segundo Bag et al. (2011) as espumas que não colapsarem durante pelo menos 1 hora à temperatura ambiente são considerada mecanicamente ou termicamente estáveis para o processo inteiro de secagem. Termicamente, espumas estáveis conservam a sua estrutura porosa, o que ajuda na melhoria das propriedades de reconstituição do produto seco.

Os alimentos contêm naturalmente proteínas solúveis e monoglicerídeos, que produzem espumas quando submetidos à agitação, entretanto, as espumas são pouco estáveis, sendo necessária a adição de espumantes e estabilizantes para manter a estabilidade pela redução da tensão superficial (SANKAT e CASTAIGNE, 2004). Entretanto, de acordo com Falade e Okocha, (2012) não são todos os alimentos que apresentam capacidade de formação de espuma, principalmente os com baixo teor de proteína em sua composição, fazendo com que seja necessária a inclusão de um agente espumante ou estabilizante. Estes agentes são adicionados em diferentes concentrações e sua eficácia pode ser mensurada através da capacidade de formação e estabilidade da espuma

3.5. AGENTES ESPUMANTES: EMULSIFICANTES E ESTABILIZANTES

Agentes espumantes são substâncias que quando batidas, agitadas ou aeradas são capazes de formar espumas, ou seja, emulsões em que um gás, geralmente o ar, permanece disperso numa fase contínua líquida ou semi-sólida (SANTOS, 2015).

Segundo Soler e Veiga (2001), os emulsificantes são substâncias tensoativas que contêm porções hidrofóbicas e hidrofílicas em sua molécula. Reduzem a tensão interfacial, estabilizando a mistura e facilitando a formação de emulsão (pequenas gotas em suspensão) e espuma (ar em suspensão) e os estabilizantes são substâncias hidrocolóides e, portanto, tem uma alta capacidade de retenção de água, o que proporciona uma textura macia e corpo ao produto

final. Aumentam a viscosidade, dão uniformidade ao produto e, com algumas exceções, tendem a uniformizar a formação de espuma durante a agitação.

De acordo com Breda (2013) os agentes estabilizantes de espuma comumente empregados nos trabalhos encontrados na literatura referem-se à carboximetilcelulose, monoestearato de sobitana (Tween 60), goma xantana, clara de ovo, pectina cítrica, Emustab (produto a base de monoglicerídeos destilados, monoestearato de sorbitana e polissorbato 60) e Super Liga Neutra (produto a base de sacarose, carboximetilcelulose e goma guar).

3.5.1. Emustab®

O Emustab®, marca comercial sob registro de patente, é produzido com mono e diglicerídios destilados. 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 (DUAS RODAS, 2011 apud SOUZA, 2011).

3.5.2. Albumina

A albumina em pó é um alimento hiperprotéico, à base exclusivamente de proteínas de alto valor biológico, geralmente, derivada de ovos. Devido à sua alta digestibilidade e por conter todos os aminoácidos essenciais nas quantidades e proporções ideais, a albumina é reconhecida como a mais rica proteína animal. Na indústria, é empregada como emulsificante em alimentos e cosméticos (WEIJERS, 2002).

3.5.3. Super Liga Neutra®

É um produto à base de sacarose, carboximetilcelulose e goma guar, muito utilizado como estabilizante na indústria de sovertes, panificação e produtos de confeitaria (DUAS RODAS, 2011 apudSOUZA, 2011).

3.5.4. Carboximetilcelulose (CMC)

O carboximetilcelulose sódico (CMC) é um polímero aniônico derivado da celulose. Facilmente dispersível em água, forma soluções coloidais. Além disso, CMC tem uma enorme gama de aplicações, com as seguintes propriedades: agente espessante, doador de viscosidade, estabilizante de fluidos, emulsificante, agente tixotrópico, engomante, agente de suspensão e também como excipiente na manipulação de pós, aumenta o tempo de desintegração de cápsulas e comprimidos, conseqüentemente retarda a absorção do fármaco (PHARMANOSTRA, 2017).

4. MATERIAL E METODOLOGIA

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Termodinâmica do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (LABTERMO/CT/UFPB).

4.1. Matéria-prima

A planta de mastruz foi obtida em feiras locais. Suas folhas foram separadas e acondicionadas em recipientes plásticos para posterior uso (Figura 6).

Figura 6 – Folha de mastruz



Fonte: Autor (2017)

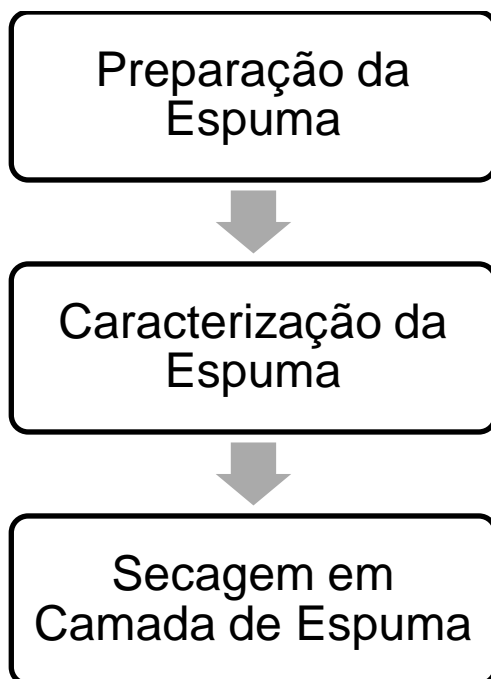
Os agentes espumantes utilizados nos testes iniciais foram a carboximetilcelulose (CMC), a albumina, o Emustab® e a Super Liga Neutra®.

4.2. METODOLOGIA

4.2.1. Etapas do Processo

Os experimentos foram realizados de acordo com o seguinte fluxograma (Figura 7)

Figura 7 – Fluxograma do processo



Fonte: Autor (2017)

4.2.2. Preparação da Espuma

As folhas foram lavadas em água corrente e posteriormente colocadas em vidros de relógio onde eram pesados entre 10 e 15 gramas da folha de mastruz e também pesava-se a massa de agente espumante necessária para que uma determinada concentração fosse atingida. A folha de mastruz foi triturada em liquidificador com 100 mL de água e posteriormente foi adicionada à batedeira junto com o agente espumante e agitada a uma velocidade constante por um tempo determinado no planejamento experimental fatorial 2^3 .

4.2.3. Planejamento Experimental Fatorial 2^3

Foi utilizada a técnica do planejamento experimental fatorial completo para verificar a influência das variáveis independentes: tempo de agitação; concentração do agente espumante e temperatura do ar de secagem nas

propriedades físicas que influenciam a formação da espuma folha de mastruz: densidade; incorporação de ar (*over run*) e estabilidade, que foram as variáveis dependentes do processo.

Nas Tabelas 1 e 2 são mostradas as variáveis independentes, com os níveis reais e codificados, definidas em testes preliminares e a matriz do planejamento experimental fatorial completo, respectivamente.

Tabela 1 – Valores codificados e reais das variáveis independentes

Variáveis Independentes	Níveis		
	-1	0	+1
Temperatura (°C)	40	55	70
Concentração (%)	10	20	30
Tempo de Agitação (min)	4	5	6

Fonte: Autor (2017)

Tabela 2 – Matriz do planejamento experimental fatorial completo $2^3 + 3$ pontos centrais

Número do Experimento	Variáveis Independentes		
	T (°C)	C (%)	t _{ag} (min)
1	40 (-1)	10 (-1)	4 (-1)
2	70 (+1)	10 (-1)	4 (-1)
3	40 (-1)	30 (+1)	4 (-1)
4	70 (+1)	30 (+1)	4 (-1)
5	40 (-1)	10 (-1)	6 (+1)
6	70 (+1)	10 (-1)	6 (+1)
7	40 (-1)	30 (+1)	6 (+1)
8	70 (+1)	30 (+1)	6 (+1)
9	55 (0)	20 (0)	5 (0)
10	55 (0)	20 (0)	5 (0)
11	55 (0)	20 (0)	5 (0)

Fonte: Autor (2017)

4.2.4. Caracterização física da espuma

4.2.4.1. Estabilidade da Espuma

Seguindo a metodologia citada por Karin e Chee-wai (1999), baseada no princípio de que a estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume do líquido drenado na proveta, 15 a 20 g de espuma foram depositados em um sistema (Figura 8), composto por um funil, um filtro de nylon e uma proveta graduada, mantida nas temperaturas de secagem (40, 55 e 70 °C) em estufa com circulação de ar por 90 minutos. Mediu-se o volume drenado em intervalos regulares, à medida que a espuma foi desfeita. Os experimentos para determinação da estabilidade da espuma foram feitos em triplicata.

Figura 8 – Sistema da estabilidade da espuma.



Fonte: Autor (2017)

4.2.4.2. Umidade

Para a determinação do teor de umidade das espumas do mastruz e da sua folha in natura, foi utilizado o método gravimétrico (LUTZ, 2008). Foi pesado aproximadamente 1 grama da amostra em três cadinhos previamente pesados que foram levados à estufa de esterilização na temperatura de 105°C durante 24 horas. Depois os cadinhos foram pesados e o valor anotado corresponde à massa

de sólido seco, que é usada nas Equações (1) e (2) para o cálculo das umidades em base seca e em base úmida.

$$X_{(b.u.)} = \frac{(m_i - m_f)}{m_i} \quad (1)$$

$$X_{(b.s.)} = \frac{(m_i - m_{ss})}{m_{ss}} \quad (2)$$

Em que:

$X_{(bu)}$ = umidade em base úmida do pó

$X_{(bs)}$ = umidade em base seca do pó

m_i = massa inicial da amostra,g

m_f = massa final da amostra,g

m_{ss} = massa de sólido seco da amostra,g

4.2.4.3. Capacidade de incorporação de ar (Over run)

A metodologia utilizada consistiu na comparação do volume de mastruz em uma proveta antes e após a agitação na batedeira, conforme representado na Figura 9. Ao avaliar o volume da espuma formada foi possível determinar o volume de ar introduzido.

Figura 9 – Determinação do *over run*.



Fonte: Autor (2017)

Para o cálculo do *over run* foi utilizada a Equação (3):

$$\%Over\ run = \frac{|V_{inicial} - V_{final}|}{V_{inicial}} \times 100 \quad (3)$$

Onde: $V_{inicial}$ é o volume antes da agitação

V_{final} é o volume depois da agitação

4.2.4.4. Densidade da espuma

A determinação da densidade da espuma foi realizada em uma proveta de 25 mL previamente tarada na balança (Figura 10). Posteriormente, com o auxílio de um funil, a proveta foi preenchida com espuma até completar 25 mL e a massa foi anotada.

Figura 10 – Sistema para a determinação da densidade da espuma



Fonte: Autor (2017)

O valor da densidade foi obtido utilizando-se da Equação (4),

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

Onde: m é a massa final (em gramas)

V é o volume ocupado pela espuma na proveta (em mililitros)

4.2.4.5. Secagem em camada de espuma

Foram feitos três experimentos (fatoriais mínimos, fatoriais máximos e ponto central do planejamento experimental fatorial completo) de secagem em camada de espuma da folha do mastruz. Após a obtenção da espuma, conforme a metodologia descrita anteriormente, a mesma foi disposta em uma bandeja de

alumínio com dimensões de 36 centímetros de comprimento e 25 de largura, previamente pesada, com uma espessura constante de 0,5 cm (Figura 11).

Figura 11 – Espuma disposta na bandeja de alumínio.



Fonte: Autor (2017)

Posteriormente, a bandeja foi colocada em Estufa com circulação e renovação de ar SL 102/221 da SOLAB e em intervalos de tempo regulares a mesma foi pesada. Na primeira meia hora, a pesagem foi feita a cada 5 minutos. Decorridos os 30 minutos, a pesagem passou a ser feita a cada 10 minutos e posteriormente a cada meia hora até que fosse observado o peso constante, caracterizando o fim do processo de secagem.

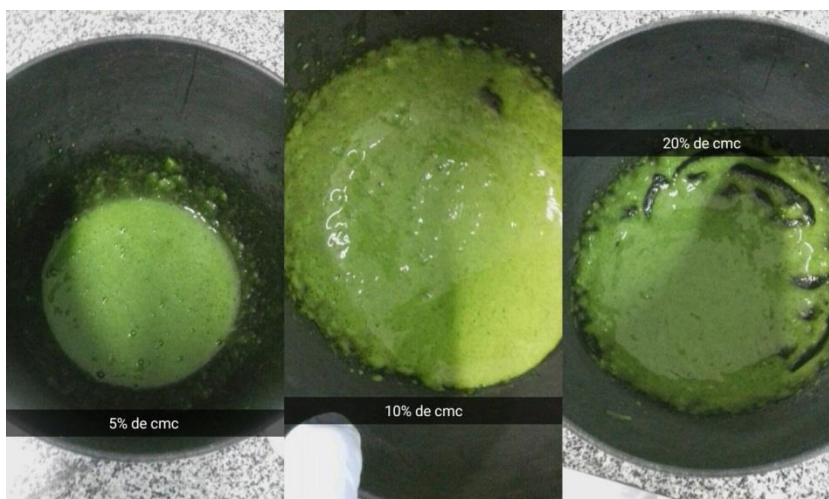
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Escolha do agente espumante

Em testes preliminares, foi observado que a folha do mastruz não possui ação espumante, sendo então necessária a adição de algum agente espumante. Foram feitos vários testes com quatro emulsificantes diferentes: carboximetilcelulose (CMC); albumina; Super Liga Neutra® e Emustab®. Para cada um dos emulsificantes foram testadas diferentes concentrações para avaliar a eficiência na formação da espuma.

Os testes com o CMC foram feitos nas concentrações de 5%, 10% e 20%. Na Figura 12 são mostradas as espumas formadas com o CMC

Figura 12 – Comparativo das espumas formadas pelas concentrações de 5%, 10% e 20% de Carboximetilcelulose (CMC).

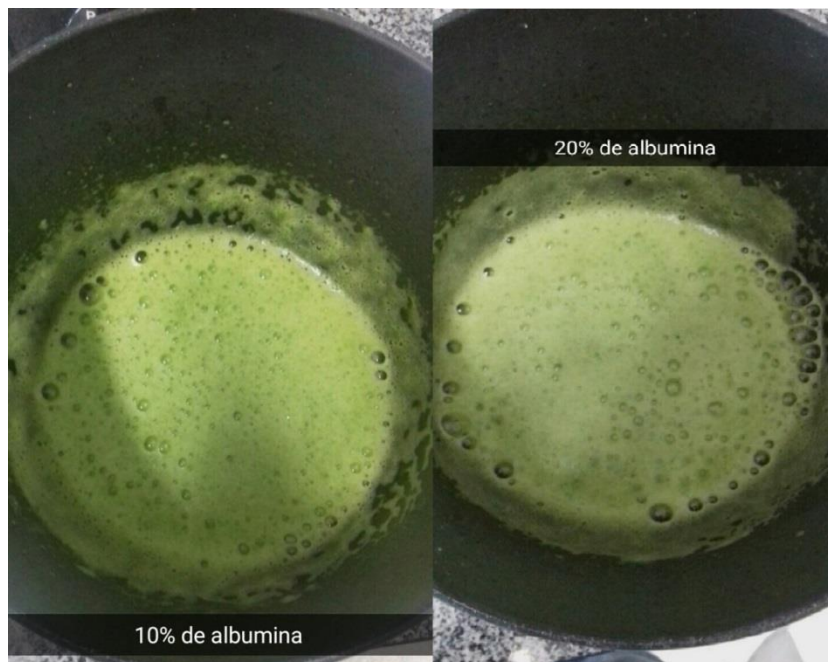


Fonte: Autor (2017)

Como pode ser observado na Figura 12, CMC não foi eficiente na formação da espuma para a folha do mastruz nas três concentrações estudadas.

Para a albumina, que foi obtida através da pesquisa da secagem em camada de espuma da clara do ovo de Santos (2015), foram testadas as concentrações de 10% e 20%. As espumas formadas são mostradas na Figura 13.

Figura 13 – Comparativo das espumas formadas pelas concentrações de 10% e 20% de Albumina.

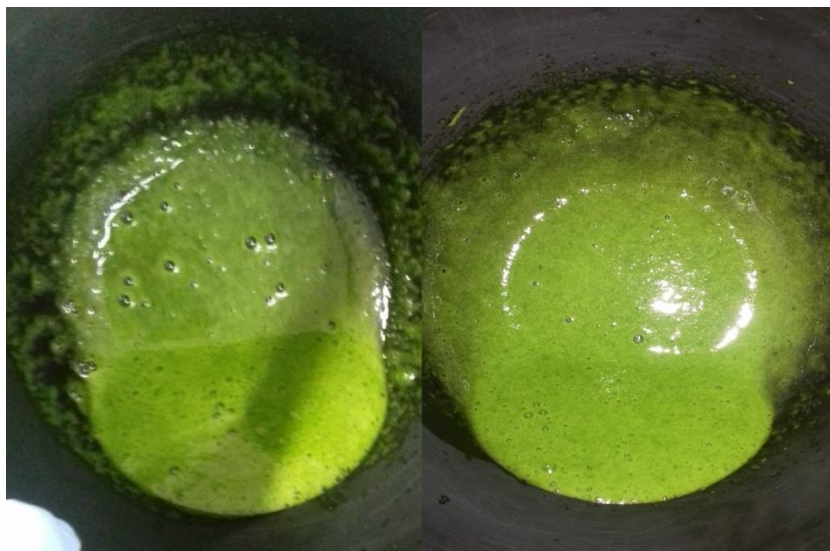


Fonte: Autor (2017)

Analisando a Figura 13, é possível observar que a albumina foi um pouco mais eficiente do que o CMC na formação da espuma, porém ainda se apresentou bastante líquida, logo não foi considerada uma espuma estável.

O terceiro agente espumante testado foi a Super Liga Neutra®. Nesse caso, as concentrações testadas foram as de 10% e 30%. Não foi necessário fazer o teste com 20%, pois com 30% já era possível prever qual seria o comportamento. Os resultados desses testes podem ser observados na Figura 14.

Figura 14 – Comparativo das espumas formadas pelas concentrações de 10% e 30% de Super Liga Neutra®.



Fonte: Autor (2017)

É possível observar que a espuma formada não foi satisfatória em nenhuma das concentrações testadas

Por fim, foram feitos os testes com o Emustab®. Foram testadas as concentrações de 10% e 20% (Figura 15).

Figura 15 - Comparativo das espumas formadas pelas concentrações de 10% e 20% de Emustab®.



Fonte: Autor (2017)

É possível observar que o resultado obtido foi satisfatório, pois a espuma foi formada apresentou-se bastante estável e aerada.

Logo, foi possível concluir que dentre os espumantes testados o Emustab® foi o que obteve o melhor resultado para dar prosseguimento aos experimentos. Então, as concentrações que foram utilizadas para as caracterizações da espuma e a secagem em camada de espuma foram 10%, 20% e 30%.

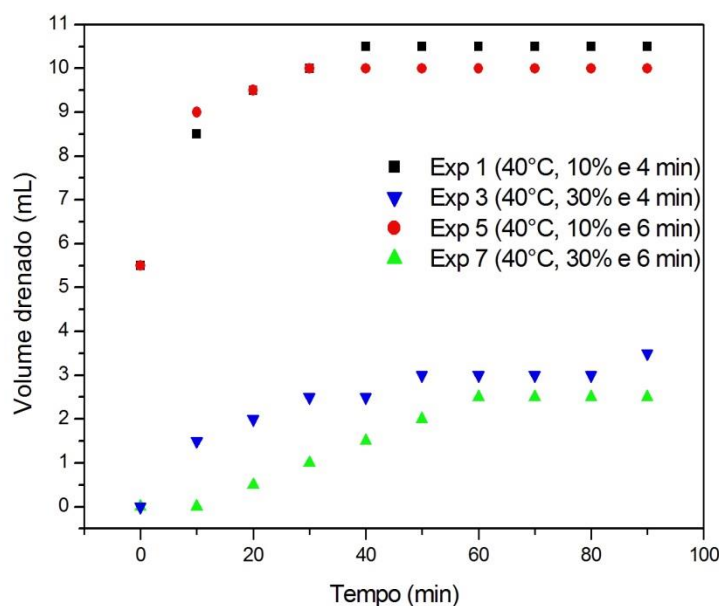
Pinto (2009) em seu estudo da caracterização da espuma de jenipapo utilizou a albumina, o Emustab®, a Super Liga Neutra® e a maltodextrina como agentes espumantes e concluiu que o Emustab® apresentou o melhor resultado para ser utilizado em uma posterior secagem.

5.2. Estabilidade da espuma

Nas Figuras 16 e 17 são mostradas as curvas de estabilidade das espumas do mastruz nas temperaturas de 40°C e 70°C, respectivamente. Sabendo que a

estabilidade corresponde ao inverso do volume drenado daquela espuma, então quanto mais volume drenado, mais instável é a espuma.

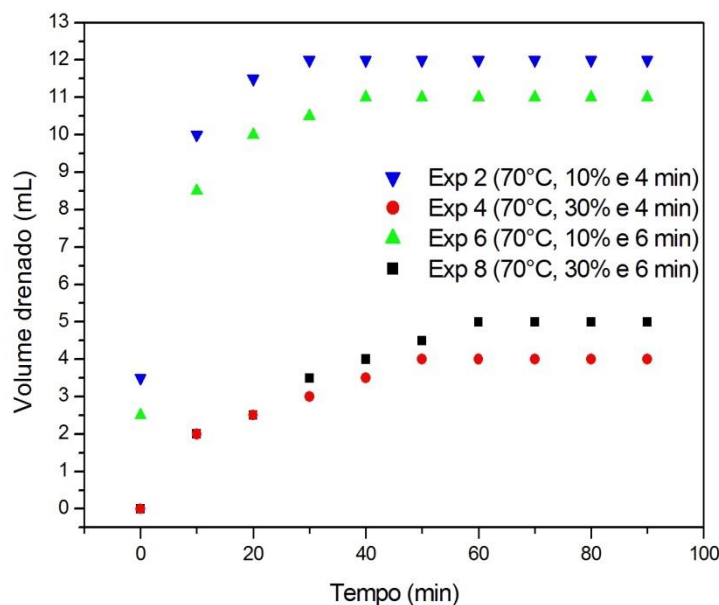
Figura 16 – Perfil da estabilidade das espumas para temperatura de 40°C.



Fonte: Autor (2017)

A partir da análise da Figura 16, é possível notar que as condições experimentais que formaram a espuma menos estável foram as do experimento 1 (40°C, 4 min e 10%), pois apresentou o maior valor de volume drenado. Enquanto que o experimento que apresentou o menor valor de volume drenado, nessa temperatura, consequentemente portando-se como a espuma mais estável foi o experimento 7. Nota-se que o aumento no tempo de agitação, como nos experimentos 3 (40°C, 4 min e 30%) e 7 (40°C, 6 min e 30%), proporciona um menor volume drenado, logo a espuma formada será mais estável.

Figura 17 - Perfil da estabilidade das espumas para temperatura de 70°C.



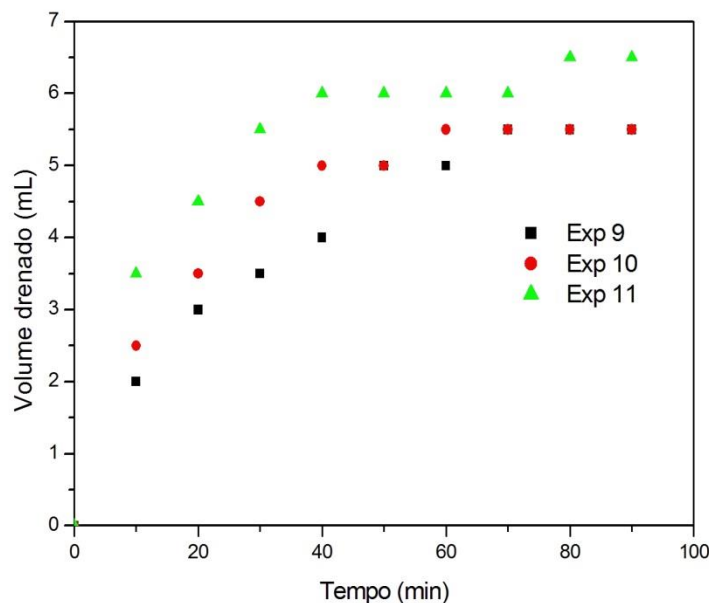
Fonte: Autor (2017)

Através da Figura 17, é possível observar que o experimento 4 (70°C, 4 min e 30%) apresentou uma espuma mais estável, pois o volume drenado foi menor. Ao avaliar os experimentos 6 (70°C, 6 min e 10%) e 8 (70°C, 6 min e 30%) onde existe apenas a variação da concentração do espumante, é possível concluir que quanto maior a concentração do espumante mais estável será a espuma formada.

Bonfim (2017), em seu estudo com a *Aloe vera*, verificou o mesmo comportamento em relação ao tempo de agitação e a concentração do espumante, onde o aumento no tempo de agitação e na concentração de espumante proporcionavam uma espuma mais estável.

Na Figura 18 estão representadas as curvas de estabilidade para as condições do ponto central do planejamento experimental. Essas curvas servem para observar a reprodutibilidade dos experimentos de estabilidade da espuma

Figura 18 - Perfil das estabilidades das espumas nos pontos centrais ($T = 55^{\circ}\text{C}$, $C = 20\%$ e $T_{\text{ag}} = 5 \text{ min}$) do planejamento experimental fatorial completo.



Fonte: Autor (2017)

Foi observada uma razoável reprodutibilidade considerando o comportamento da estabilidade da espuma dos experimentos 10 e 11 do ponto central do planejamento experimental fatorial completo.

5.3. Capacidade de incorporação de ar (*over run*)

Na Tabela 3 estão dispostos os valores correspondentes aos volumes antes e após a batidura, e a porcentagem de expansão do volume. Os experimentos foram realizados nas condições dos pontos fatoriais de máximo, de mínimo e do ponto central.

Tabela 3 – *Over run* da espuma do mastruz.

Condições	Volume inicial (mL)	Volume final (mL)	Expansão (%)
10% e 4 min	100	310	210
20% e 5 min	100	460	360
30% e 6 min	100	530	430

Fonte: Autor (2017)

Analisando os valores, é possível concluir que para as maiores concentrações do espumante e maiores tempo de agitação, maior será a porcentagem de expansão, pois a maior porcentagem foi obtida nas condições (30% e 6 min) e a menor em (10% e 4 min).

5.4. Densidade

Na Tabela 4 são mostrados os valores obtidos para as densidades das espumas de acordo com as condições dos pontos fatoriais de máximo, de mínimo e do ponto central.

Tabela 4 – Valores das densidades das espumas

Condições	Densidade (g/mL)
10% e 4 min	0,2672
10% e 6 min	0,2028
20% e 5 min	0,2924
30% e 4min	0,3544
30% e 6 min	0,2130

Fonte: Autor (2017)

Analisando os resultados, é possível concluir que o tempo de agitação e a concentração do espumante influenciam na densidade da espuma formada. Nota-

se que para uma mesma concentração de espumante o aumento no tempo de agitação proporciona um decaimento de 24,10% no valor da densidade.

Cruz (2013) afirma que a redução na densidade das espumas ocorre devido à incorporação de ar durante a etapa de agitação, uma vez que a alta velocidade de agitação promove um aumento na taxa de cisalhamento, favorecendo a divisão das bolhas de ar, resultando na incorporação de maior quantidade de gás à mistura e, portanto na diminuição da densidade da espuma.

5.5. Umidade

Os valores do teor de umidade em base úmida foram determinados em triplicata de acordo com o método descrito por (LUTZ, 2008). Na Tabela 5 são apresentados os dados obtidos para as análises de umidade.

Tabela 5 – Resultados obtidos do teor de umidade em base úmida.

Condições	Teor de umidade em base úmida (%)
<i>In natura</i>	87,15
4 min e 10%	98,81
5 min e 20%	99,00
6 min e 30%	97,20

Fonte: Autor (2017)

Analisando os dados nota-se que ocorreu um ganho de umidade em relação a folha *in natura*. Para a condição de 4 minutos de agitação e 10% de concentração o ganho de umidade foi de 13,38%. Para a condição do ponto central, o aumento da umidade foi de 13,60%. Enquanto que para um maior tempo de agitação (6 minutos) e maior concentração de espumante (30%) o ganho foi de 11,53%. Os valores do teor de umidade são elevados e com um comportamento dentro do esperado e pode ser explicado pelo fato de que antes da obtenção da

espuma é necessária a adição de um pouco de água para triturar a folha do mastruz e, portanto agregará mais umidade a espuma formada.

5.6. Secagem em camada de espuma

Os resultados obtidos para os experimentos de secagem em camada de espuma do mastruz estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados obtidos nos experimentos de secagem em camada de espuma do mastruz.

Número do Experimento	Condições	Tempo de secagem (min)	X/X₀ (Final)
1	40°C, 4 min e 10%	410	0,0133
8	70°C, 6 min e 30%	230	-0,0043
11	55 °C, 5 min e 20%	290	0,0204

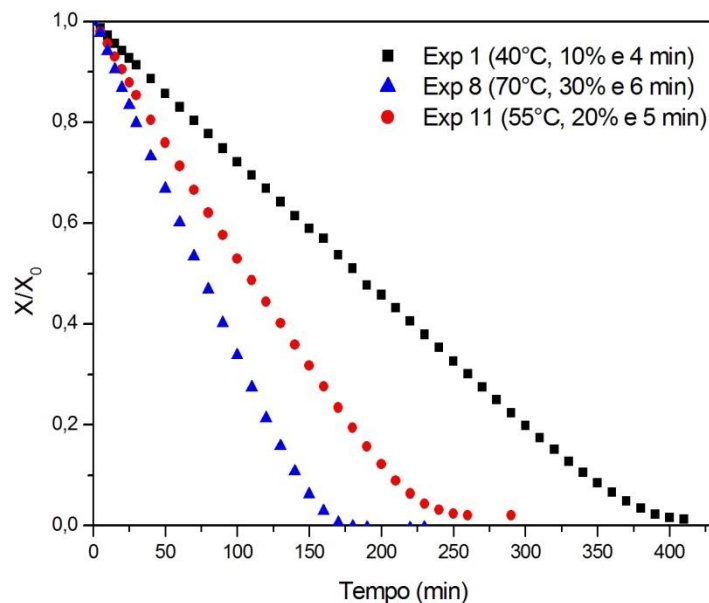
Fonte: Autor (2017)

Foi observado um erro experimental no experimento 8, pois apresentou um valor negativo para a razão de umidade. Pode ter ocorrido um erro na leitura da massa seca devido ao fato de que as pesagens foram feitas apenas com o auxílio de uma balança semi-analítica, portanto a precisão na medição pode ter sido comprometida.

Analisando os dados foi possível concluir que o tempo de secagem foi maior para as condições mínimas do planejamento. Foi observado também que o experimento que apresentou o menor tempo de secagem foi o que possui os maiores valores das variáveis (70°C, 6 min e 30%).

Na Figura 19 estão representadas as curvas obtidas na secagem em camada de espuma, apresentadas na forma adimensional de umidade em função do tempo, para os três experimentos.

Figura 19 – Curvas de secagem obtidas para os pontos de mínimo, máximo e central do planejamento fatorial.



Fonte: Autor (2017)

A partir da análise da Figura 19 foi observado que as curvas possuem um comportamento similar e dentro do esperado. É possível notar a influência da temperatura no processo de secagem, pois para uma temperatura de 70°C é observado que a perda de umidade ocorre de forma mais rápida acarretando em uma redução nos tempos de secagem.

5.7. Características do produto seco

Após a secagem do mastruz em camada de espuma, o material seco foi raspado da bandeja com o auxílio de uma espátula e foi armazenado em sacos de polietileno. O produto final obtido foi um pó com cheiro característico de mastruz e de coloração bastante similar ao material antes da secagem conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20 – Mastruz após a secagem



Fonte: Autor (2017)

6. CONCLUSÕES

Dentre os aditivos testados, o que representou melhor formação de espuma em relação aos demais foi o Emustab®.

Através da análise de estabilidade da espuma foi possível observar que o aumento no tempo de agitação proporcionará uma espuma mais estável. Também foi possível concluir que quanto maior a concentração do espumante mais estável será a espuma formada.

O *Over run* demonstrou que trabalhar com maiores concentrações do espumante e tempo de agitação, maior será a porcentagem de expansão de volume da espuma. A densidade da espuma também tem influência da concentração de espumante e do tempo de agitação, pois o valor da densidade para uma mesma concentração de espumante decai com o aumento no tempo de agitação.

Analisando os dados das secagens da folha de mastruz, pode-se concluir que as condições do experimento 8 (70°C, 6 min e 30%) são bastante satisfatórias, pois apresentou uma espuma estável, bem aerada e o menor tempo total de secagem em relação aos demais, que foi de 230 minutos.

Também é possível afirmar que o método da secagem em camada de espuma mostrou-se eficiente e bastante promissor, pois o pó obtido apresentou uma coloração similar ao produto inicial e o cheiro característico de mastruz permaneceu após a secagem.

7. REFERÊNCIAS

- AKIPINAR, E. K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin-layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering** 59, p 99-104, 2006.
- BAG, S. K.; SRIVASTAY, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of Process Parameters for Foaming of Bael (*Aegle marmelos* L.) Fruit Pulp. **Food Bioprocess Techno**, 4:1450–1458, 2011.
- BARROS, L.; PEREIRA, E.; CALHELHA R. C.; DUEÑAS M.; CARVALHO, A. M.; SANTOS-BUELGA C.; FERREIRA I. C. F. R. Bioactivity and chemical characterization in hydrophilic and lipophilic compounds of *Chenopodium ambrosioides* L. **Journal of Functional Foods**, Washington, v. 5, n. 4, p. 1732-1740, Oct. 2013.
- BOEIRA, J.B.; STRINGARI G. B.; LAURINDO J. B. Estudo da desidratação de pêssegos por tratamento osmótico e secagem. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.25, n. 1, p. 77-90, 2007.
- BONFIM, K. S. Estudo da secagem da *Aloe Vera* (babosa) em camada de espuma (foat-mat drying). 2017. 52p. Trabalho Final de Curso – Bacharelado em engenharia química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2017.
- BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Efeito da desidratação *FoamMat* na retenção da vitamina C da polpa cajamanga. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v. 24, n. 2, p. 189-193, abr./jun. 2013.
- BRITO, M. V. H., CARVALHO, D. S., ALBUQUERQUE A. M. M. Efeito do extrato de mastruz em culturas de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli*. **Rev. Paraen. Med.** 2007;21(1):21-25.

CELESTINO, S. M. C.. Princípios de secagem de alimentos. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2010.

COSTA, M.; TAVARES, E. Anatomia foliar de *Chenopodium ambrosioides* L.(Chenopodiaceae)-erva-de-Santa Maria. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 8, n. 3, p. 63-71, 2006.

CRUZ, W. F. Obtenção de polpa de goiaba (*Psidiumguajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada espuma. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2013.

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

FALADE, K. O.; OKOCHA, J. O. Foam-mat drying of plantain and cooking banana (*Musa* spp.). **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 4, p. 1173-1180, 2012.

FENNER, R.; BETTI A. H.; MENTZ L. A.; RATES S. M. K. Plantas utilizadas na medicina popular brasileira com potencial atividade antifúngica. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 3, p. 369-394, 2006.

FERRO, D. Fitoterapia: conceitos clínicos. São Paulo: Editora Atheneu, 2006.

GEANKOPLIS, C. J.; Processo de transporte e operações unitárias. 3 ed. p. 579-634, 2003.

GONÇALVES, A.; ALVES FILHO, A.; MENEZES, H. 2005. Estudo comparativo da atividade anti microbiana de extratos de algumas árvores nativas. **Arquivos do Instituto Biológico**. v. 72, n. 3, p. 353-358.

GRASSI, L. T. *Chenopodium ambrosioides* L. – Erva de santa maria (amaranthaceae): estudo do potencial anti-inflamatório, antinociceptivo e cicatrizante. 147f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2011.

GUALBERTO, S. S.; XAVIER, R. C. Diversidade genética de *Chenopodium ambrosioides* da região cacauzeira da Bahia com base em marcadores RAPD. **A Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.41, n.1, p.161-164, 2006.

JOLY, A. B. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. 13. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002.

KARIM, A. A.; WAI, C. C.. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, 64, pp. 337-343. 1999.

LIMA, J. L. S. Plantas medicinais de uso comum no Nordeste do Brasil. Campina Grande, 2006. 81p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. Plantas medicinais no Brasil: nativas e exóticas. São Paulo: Plantarum, 2002. 512p.

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, BA, 2009.

MARTINAZZO, Ana Paula. Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. 2006.

MARTINS, G. N.; SILVA, F. D.; ALMASSY JÚNIOR, A. A. Superação de dormência em sementes de *Chenopodium ambrosioides* L. *Magistra*, Cruz das Almas, v. 22, n. 3-4, p. 205-209, jul./dez. 2010.

MELO, K. S. Secagem de polpa do fruto do mandacaru. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2008.

MONZOTE, L.; MONTALVO A. M.; SCULL R.; MIRANDA M.; ABREU J. Activity, toxicity and analysis of resistance of essential oil from *Chenopodium ambrosioides* after intraperitoneal, oral and intralesional administration in BALB/c mice infected with *Leishmania amazonensis*: A preliminary study. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, v. 61, n. 2-3, p. 148-153, 2007b.

MORAIS, S. M., DANTAS, J. D. P., SILVA, A. R. A. , MAGALHÃES, E. F. Plantas medicinais usadas pelos índios Tapebas do Ceará. *Rev Bras Farmacogn* 15: 169-177, 2005.

MORGAN, A. I. Jr; GINETTE, L. F.; RANDALL, J. M.; GRAHAM, R. P.; Technique for improving instant foods. *Food Engineering*, v.31, n.9, p.89-94. 1959.

PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R.A.; PARK,K. J .B. Conceitos de processo e equipamentos de secagem; Campinas, Março de 2007.

PERAZZINI, HUGO. Secagem de resíduos cítricos em secador rotativo. São Carlos: UFSCar, 2011.

PEREIRA, W. S., RIBEIRO, B. P., SOUSA, A. I. P., SERRA, I. C. P. B., MATTAR, N. S., FORTES, T. S., REIS, A. S., SILVA, L. A., BARROQUEIRO, E. S. B., GUERRA, R. N. M., NASCIMENTO, F. R. F. Evaluation of the subchronic toxicity

of oral treatment with *Chenopodium ambrosioides* in mice. **Journal of Ethnopharmacology**. v. 127, p. 602-605, 2010.

PHARMANOSTRA. Disponível em:
<http://www.pharmanostra.com.br/uploads/insumos/pdf/c/Carboximetilcelulose_1.pdf>. Acesso em: 05 de Maio de 2017.

PICÓ, B.; NUEZ, F. Minor crops of Mesoamerica in early sources (II). Herbs used as condiments. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 47, p. 541-552, 2000.

PINTO, E. G. Caracterização da espuma do jenipapo (*Genipa americana* L.) com diferentes aditivos visando à secagem em leite de espuma. 2009. 65p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos – Engenharia de Processos de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste, Itapetinga – BA, 2009.

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

RONCHETI, E. F. S. Estudo do processo de secagem em leite de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango. 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2014.

SÁ, R. D. ESTUDO FARMACOGNÓSTICO DE *Chenopodium ambrosioides* L. (*Chenopodiaceae*). 2013. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2013

SANKAT, C.K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, v. 37, p. 517-525, 2004.

SANTOS, E. P. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto Noni (*Morindacitrifolia*Linn) – Estudo preliminar. 2015. 64f. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2015.

SILVA, R. N. G.; Figueiredo, R.M.F; Queiroz, A.J.M.; Galdino, P.O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Revista Ciência Rural**, n.5, v.35, 2005.

SOLER, M. P.; VEIGA, P. G. Especial: Sorvetes. Série publicações técnicas do centro de informação em alimentos - N.1. [s/local]: ITAL/CIAL, 2001. (ISSN: 1519-524).

SOUSA, M. P. et al. Constituintes químicos ativos e propriedades biológicas de plantas medicinais brasileiras. Fortaleza: Editora UFC, 2004. 448p.

SOUZA, V. C. Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobromagrandiflorum*). 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinha, BA, 2011.

SOUZA NETO, M. A. DE; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W. DE; SOUZA FILHO, M. DE S. M. DE; LIMA, A. DA S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. **Ciência Agrotécnica**. Lavras, MG, v. 29, n. 5, p.1021-1028, 2005.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. Drying: Principles, Applications and Design. Gordon and Breach Science Publishers, 1986.

WEIJERS M.; SAGIS, L. M. C.; VEERMAN, C.; SPERBER, B.; LINDEN, E V. D. Rheology and structure of ovalbumin gels at low pH and low ionic strength. **Food Hydrocolloids**, n. 16, v. 3, p. 269-276, 2002.

ZHANG, W. H.; HUANG Z.; HE L. Y.; SHENG X. F. Assessment of bacterial communities and characterization of lead-resistant bacteria in the rhizosphere soils of metal-tolerant *Chenopodium ambrosioides* grown on lead–zinc mine tailings. *Chemosphere*, Oxford, v. 87, n. 10, p. 1171–1178, 2012.