

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

ANANDA OLIVEIRA MUNIZ

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA
(*FOAM-MAT DRYING*) DA FOLHA DO JUÁ (*ZIZIPHUS JOAZEIRO* MART.)**

João Pessoa - PB

2018

ANANDA OLIVEIRA MUNIZ

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA
(*FOAM-MAT DRYING*) DA FOLHA DO JUÁ (*ZIZIPHUS JOAZEIRO* MART.)**

Trabalho Final de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Engenharia
Química, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Química.

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

João Pessoa - PB.

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M966d Muniz, Ananda Oliveira.

Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) da folha do juá (ziziphus joazeiro mart.) / Ananda Oliveira Muniz. - João Pessoa, 2018.

38 f. : il.

Orientação: Josilene de Assis Cavalcante.
Monografia (Graduação) - UFPB/CT.

1. Densidade 2. Estabilidade 3. Incorporação de ar. I. Cavalcante, Josilene de Assis. II. Título.

UFPB/BC

ANANDA OLIVEIRA MUNIZ

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA
(FOAM-MAT DRYING) DA FOLHA DO JUÁ (ZIZIPHUS JOAZEIRO MART.)**

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

Aprovado em: 11 de setembro de 2018.

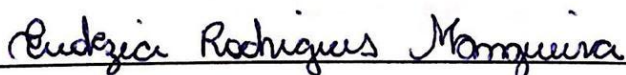
Banca Examinadora:



Prof(a). Dr(a). Josilene de Assis Cavalcante



Ma. Ana Carolina Nóbrega Leite



Ma. Eudézia Rodrigues Manguiera

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sua imensa bondade, que me concedeu sabedoria e força, iluminando meu caminho para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais e irmão pelo apoio, força e amor que sempre me impulsionaram a ir além dos meus limites.

As minhas amigas, Aksa, Brennda e Vivianne, mesmo com a distância nunca deixaram de estar ao meu lado, me apoiando em todas as escolhas.

À Vanessa, por cuidar de mim e compartilhar remédios pra enxaqueca durante esses cinco anos que moramos juntas.

À Anderson, por todo o cuidado, carinho e paciência.

Aos amigos que fiz durante a graduação, que tornaram os dias mais leves, com bons momentos, boas risadas, boas histórias, incentivos e torcidas.

À professora e orientadora Josilene de Assis Cavalcante, por toda sua dedicação, carinho, paciência e apoio. Obrigada pela contribuição à minha formação acadêmica e, principalmente, pessoal.

Aos professores Genaro Zenaide Clericuzi, Nagel Alves Costa e Sharline Florentino de Melo Santos, por toda a ajuda e apoio.

E a todas as pessoas que de maneira direta ou indireta me ajudaram ou incentivaram ao longo da graduação.

RESUMO

A Caatinga é um bioma rico em diversidade de plantas e de animais. Entre as espécies de plantas endêmicas, destaca-se a espécie *Ziziphus joazeiro* Mart., pertencente à família Rhamnaceae, popularmente conhecida como juazeiro. Uma de suas características principais é a resistência às secas prolongadas do sertão nordestino, proporcionando sombra e alimento para o homem e para os animais. É uma árvore alta, espinhosa, com folhas coriáceas, flores pequenas e fruto globoso comestível. Tanto as folhas quanto as raspas da casca do juazeiro são muito utilizadas na medicina popular, fabricação de sabão, produtos de higiene e estética. Porém as folhas e as raspas da entrecasca possuem longevidade curta após serem removidas das árvores. Uma alternativa para a conservação prolongada é o processo de secagem, que através da *redução da atividade de água de um material diminui a atividade de crescimento microbiano*. *A secagem em camada de espuma (foam-mat drying) é mais vantajosa que outras técnicas de secagem, por transformar o material em uma espuma estável, por meio da incorporação de ar ou outro gás, por proporcionar uma maior área de exposição ao ar aquecido, trabalhar com temperaturas mais baixas, e facilitar a reidratação do produto final. Esse trabalho tem como objetivo definir parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) das folhas do juazeiro sob aspecto físico-químico. As variáveis: tempo de agitação e concentração de folhas, tiveram influencia direta no processo de secagem. A utilização desse método de secagem apresentou resultados satisfatórios e viáveis para a obtenção do pó das folhas do juazeiro.*

Palavras-chaves: Densidade. Estabilidade. Incorporação de ar.

ABSTRACT

The Caatinga is a biome rich in plant and animal diversity. Among the species of endemic plants, the species *Ziziphus joazeiro* Mart., belonging to the family Rhamnaceae, popularly known as juazeiro stands out. One of its main characteristics is the resistance to the prolonged droughts of the northeastern sertão, proportioning shade, and food for the man and the animals. It is a tall, thorny tree with leathery leaves, small flowers, and globose edible fruit. Both the leaves and the scrapings of the juazeiro barks are very used in the popular medicine, manufacture of soap, products of hygiene and aesthetics. However, leaves and scrapings of the barks have short longevity after being removed from the trees. An alternative for prolonged conservation is the drying process, which by reducing the water activity of a material decreases the microbial growth activity. Foam-mat drying is even more advantageous by transforming the material into a stable foam by incorporating air or other gas, by proportioning a larger exposure area to heated air, working at lower temperatures, and facilitating rehydration of the final product. This work aims to define parameters for the foam-mat drying of juazeiro leaves under physicochemical aspect. The variables: stirring time and leaves concentration, had a direct influence on the drying process. The use of this drying method presented satisfactory and viable results for obtaining the powder of the juazeiro leaves.

Keywords: Density. Stability. Incorporating air.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – (a) Juazeiro e (b) Detalhe do galho com folhas e fruto do Juazeiro.	11
Figura 2 – Estruturas químicas de terpenóides da flora paraibana.	14
Figura 3 – Árvore de juá localizada na UFPB.	18
Figura 4 – Folhas de juá (a) com talo e (b) sem talo.	18
Figura 5 – Sistema utilizado para determinação da densidade.	20
Figura 6 – Sistema utilizado para determinação da estabilidade da espuma.	21
Figura 7 – Espuma na bandeja antes da secagem.	22
Figura 8 – Espuma da folha do juá.	23
Figura 9 – Variação da densidade da espuma em função da massa de folha utilizada após agitações de 2 e 6 minutos.	24
Figura 10 – Estabilidade da espuma para a temperatura de 60 °C e 2 minutos de agitação, nas quatro concentrações.	26
Figura 11 – Estabilidade da espuma para a temperatura de 60 °C e 6 minutos de agitação, nas quatro concentrações.	26
Figura 12 – Incorporação de ar do suco da folha de juá para (a) 2 minutos e (b) 6 minutos.	29
Figura 13 – Pó obtido após secagem da espuma juá.	30
Figura 14 – Pó reservado em tubos falcon.	30

LISTA DE TABALAS

Tabela 1 – Composição nutricional do fruto do juazeiro <i>in natura</i> .	12
Tabela 2 – Pesquisas realizadas com o método de secagem <i>foam-mat drying</i> .	17
Tabela 3 – Resultados da análise da expansão para o tempo de agitação de 2 e 6 minutos.	25
Tabela 4 - Resultados obtidos na incorporação de ar em 2 minutos de agitação.	28
Tabela 5 - Resultados obtidos na incorporação de ar em 6 minutos de agitação.	28

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	8
2.	OBJETIVOS.....	10
2.1	OBJETIVO GERAL.....	10
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3.	REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3.1	JUÁ.....	11
3.1.1	Características gerais.....	11
3.1.2	Propriedades físicoquímicas.....	13
3.2	SECAGEM.....	14
3.2.1	Secagem em camada de espuma (<i>foam-mat drying</i>).....	15
4.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1	OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA.....	17
4.2	PRODUÇÃO DO SUCO.....	19
4.3	PRODUÇÃO DA ESPUMA.....	19
4.4	CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA.....	19
4.4.1	Densidade e percentual de expansão.....	19
4.4.2	Estabilidade da espuma.....	20
4.4.3	Incorporação de ar (<i>over run</i>).....	21
4.5	Testes preliminares de secagem em camada de espuma.....	21
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
5.1	PRODUÇÃO DO SUCO.....	22
5.2	PRODUÇÃO DA ESPUMA.....	23
5.3	DENSIDADE E PERCENTUAL DE EXPANSÃO.....,,	23
5.4	ESTABILIDADE DA ESPUMA.....	25
5.5	INCORPORAÇÃO DE AR.....	27
5.6	SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA.....	29
6.	CONCLUSÃO.....	31
	REFERÊNCIAS.....	32

1. INTRODUÇÃO

Uma das práticas medicinais mais antigas da humanidade, e que possivelmente garantiu a sua sobrevivência, é a utilização de plantas com fins medicinais, prevenção e cura de doenças. As plantas têm se tornado cada vez mais reconhecidas pelo seu potencial terapêutico e constituem uma rica fonte de pesquisa de novas substâncias, principalmente quanto às suas atividades biológicas, e pesquisas que comprovem a validade do seu uso popular (SCHMITT *et al.*, 2003). Apesar do aumento de estudos nessa área, os dados disponíveis revelam que apenas 15 a 17% das plantas foram estudadas quanto ao seu potencial medicinal (SOEJARTO, 1996), e no Brasil, que possui uma das maiores diversidade de espécies de plantas do mundo, apenas 10% dessa variedade tem sido estudada (LUNA *et al.*, 2005).

A Organização Mundial de Saúde (OMS) define planta medicinal como qualquer planta que possua em sua composição atividades terapêuticas, ou seja, matéria-prima para produção de fármacos e ou produtos químicos, e estima que em média 80% da população mundial dependem dessas plantas como principal recurso de cuidados básicos de saúde seja no uso *in natura* ou em formulações medicamentosas (YUNES e CECHINEL FILHO, 2001).

Os serviços de saúde enfrentam um grande desafio em controlar as mudanças na capacidade de sobrevivência dos microorganismos aos medicamentos. A descoberta de compostos derivados de plantas pode ajudar no controle e/ou erradicação desses microorganismos, principalmente se a planta for facilmente encontrada na região afetada.

Nesse contexto, pode ser destacado o *Ziziphus joazeiro* Mart.. Uma planta símbolo da Caatinga da família Rhamnaceae, conhecido popularmente como juazeiro, é largamente distribuída em todo o Nordeste Brasileiro e em todas as zonas ecológicas, sendo mais abundante no sertão, na caatinga e no agreste (SILVA e MATOS, 1998). A planta possui um amplo e profundo sistema radicular, capaz de coletar água existente no subsolo, não forma mata aparecendo, portanto, de forma isolada. É inconfundível na paisagem, por sua copa globosa de cor verde escuro que se conserva assim durante todo o ano, sem nunca perder a folhagem (MONIZ, 2002).

Praticamente todas as partes do juazeiro são aproveitadas para algum tipo de finalidade, como por exemplo, o tronco e os ramos que contem rígidos espinhos, e sua madeira é utilizada tanto na marcenaria como na produção de lenha e carvão (LIMA, 2000). As folhas têm consistência membranácea levemente coriácea, ovalada a elíptica, e são popularmente utilizadas como digestivos. As flores são pequenas de cor amarelo-esverdeada, e florescem no período de novembro a dezembro. E os frutos são carnosos, adocicados e ácidos, de casca fina

que recobre uma polpa de coloração branca (parte comestível), possuem forma arredondada e, quando maduros, chamam atenção por sua cor amarelada (ROCHA, 2012). O nome do seu fruto, juá, deriva do tupi “a-ju-á”, que significa “fruto obtido dos espinhos” (BRAGA, 2010). As folhas e frutos constituem um dos mais valiosos recursos alimentares para animais. As raspas da entrecasca são ricas em saponina, servindo de sabão, pois forma espuma abundante independentemente do tipo de água, um excelente tônico capilar, quando em infusão ou macerada (LIMA, 2000), e ainda pode substituir os dentífrícios, sendo mais eficaz que cremes dentais industrializados (SOUSA, MATOS e MATOS, 1991).

Na medicina popular, o juazeiro é indicado no tratamento de gripes, gastrites, ferimentos e contusões (LIMA, 2000). Como sabão a entrecasca é mais utilizadas, devido possuir maior quantidade de saponinas, isto é, a região que possui maiores propriedades espumantes (BARROS, 2015).

Como qualquer outra planta, o juá *in natura* tem um curto período de vida, tendendo a oxidar, apodrecer, ou até perder o material líquido presente na sua entrecasca (CORREA, 1984). Para aproveitar todas suas propriedades naturais e medicinais é necessário fazer uso logo após sua extração, ou usar métodos de conservação.

A secagem é um dos mais antigos métodos de conservação de alimentos. Esse processo previne que grande parte das reações bioquímicas aconteça, assegurando a estabilidade microbiana e garantindo maior vida de prateleira (LEWICKI, 2006), alterando o mínimo possível das características do produto final.

Dentre as técnicas de secagem, tem-se a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*), que consiste em transformar materiais líquidos ou pastosos em uma espuma estável, através do batimento da matéria prima com adição de agentes espumantes e estabilizantes. Alguns materiais naturalmente produzem espumas quando batidos, não sendo necessária a adição dos agentes espumantes. Operando em baixas temperaturas, esse processo tem baixo custo de operação e menor tempo de secagem devido à elevada área de contato exposta ao ar quente, obtendo como produto final um pó facilmente reidratável (DANTAS, 2010).

Diante do exposto, o presente trabalho tem os seguintes objetivos:

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Definição dos parâmetros que influenciam o processo de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) das folhas do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a ação espumante das folhas;
- Realizar a caracterização da espuma das folhas do juazeiro em relação à densidade, expansão, estabilidade e incorporação de ar;
- Analisar a influência da concentração das folhas e tempo de agitação nos parâmetros de caracterização da espuma.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 JUÁ

3.1.1 Características gerais

Para Silva *et al.* (2004), a caatinga apresenta uma fitodiversidade considerável devido à sua elevada quantidade de espécies endêmicas. Uma dessas espécies é o juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.), pertencente à família Rhamnaceae, também conhecido pelos nativos como joá, enjuá, laranjeira de vaqueiro, juá-fruta, juá e juá-espinho (Figura 1). A espécie apresenta-se isolada na vegetação xerófila, tendo árvores adultas que chegam a ter de 4 a 15 metros de altura com copa frondosa e seus galhos crescem até junto ao solo (LIMA, 2008). O juazeiro quase sempre cresce onde há água no subsolo, baixadas úmidas ou situações semelhantes, sendo encontrada em todos os estados nordestinos até o norte de Minas Gerais (MATOS, 2000).

Figura 1 – (a) Juazeiro e (b) Detalhe do galho com folhas e fruto do Juazeiro.



(a)



(b)

Fonte: COSTA (2011).

Diferente de outras espécies, o juazeiro permanece verde durante todo o ano, até mesmo em períodos de grandes estiagens (SOUSA *et al.*, 2013). Assim a planta é muito utilizada para produção de lenha e carvão, arborização de ruas e jardins, além de possuir frutos comestíveis, e juntamente com as folhas, rica em proteína bruta, de 15,31 % a 18,10 % (LIMA, 1996), constituem um dos mais valiosos recursos alimentares para animais (CÔRREA, 1984). Já as flores são usadas como renda alternativa para produtores como fonte alimentar de abelhas sem ferrão (NADIA, MACHADO e LOPES, 2007).

A espécie em geral tem um importante destaque na área medicinal e no uso como produto de higiene pessoal, tendo propriedades adstringente, antimicrobiano, diurético, cardiotônico,

antiinflamatória e analgésica (MELO, 2010). A casca e as folhas são comumente usadas, na forma de extrato feito com água, no tratamento de gastrites, gripes, febre, contusões, má digestão e ferimentos (LIMA, 2000). Devido à presença de grande quantidade de saponina, responsável pela formação de espuma e pela alta capacidade de limpeza, a casca e folhas quando em infusão ou maceradas também podem ser usadas na fabricação de cosméticos, como shampoos anticaspa, tônico capilar (LORENZI e MATOS, 2002). E das raspas da entrecasca são produzidos sabão e produtos de higiene dental, apresentando grande potencial no combate a gengivite e mais eficiência na diminuição da placa dental que os dentifrícios convencionais (SOUSA, MATOS e MATOS, 1991).

Os frutos do juazeiro são nutritivos, doces, com alto teor de vitamina C, quando maduros apresentam elevado teor de sólidos solúveis, com 19,6° Brix, e com valor de acidez de 0,016% (MONIZ, 2002), os quais são explorados de forma extrativista (LORENZI, 2000; MENDES, 1996) para alimentação de animais silvestres e domésticos, e também humanos. Moniz (2002) ao analisar frutos do juazeiro, obteve também valores de umidade (78,98%) e pH (5,18). Segundo Silva *et al.* (2011) os valores de sólidos solúveis totais foram maiores aos encontrados em fruto de umbuzeiro (10,10%) por Costa *et al.* (2004) e umbu-cajá (11,25%) por Lima *et al.* (2002). A composição nutricional do fruto do juazeiro *in natura* é mostrada na Tabela 1, de acordo com Silva (2014).

Tabela 1 – Composição nutricional do fruto do juazeiro *in natura*.

Parâmetros	Teor
Umidade (%)	79,01 ± 0,68
Proteínas (%)	2,01 ± 0,10
Lipídios (%)	0,52 ± 0,06
Fibras (%)	0,11 ± 0,00
Carboidratos (%)	17,59 ± 0,56
Cinzas (%)	0,76 ± 0,06

Fonte: SILVA (2014).

Feitosa *et al.* (2016) observaram que por o fruto do juazeiro apresenta umidade elevada, próximo a 80% de água livre, pode ser bastante suscetível ao ataque de microrganismos, o que demonstra a necessidade do uso de bons métodos de conservação aplicados em seu processamento.

Agra (1996) relata restrições quanto ao uso de chás feitos com o juazeiro a crianças, gestantes, mulheres durante a amamentação, ou pessoas que apresentam alergias a outras plantas, pois em doses elevadas produz vômitos, cólicas e fortes irritações no tubo gastrintestinal, e no caso das gestantes pode causar aborto.

3.1.2 Propriedades físicoquímicas

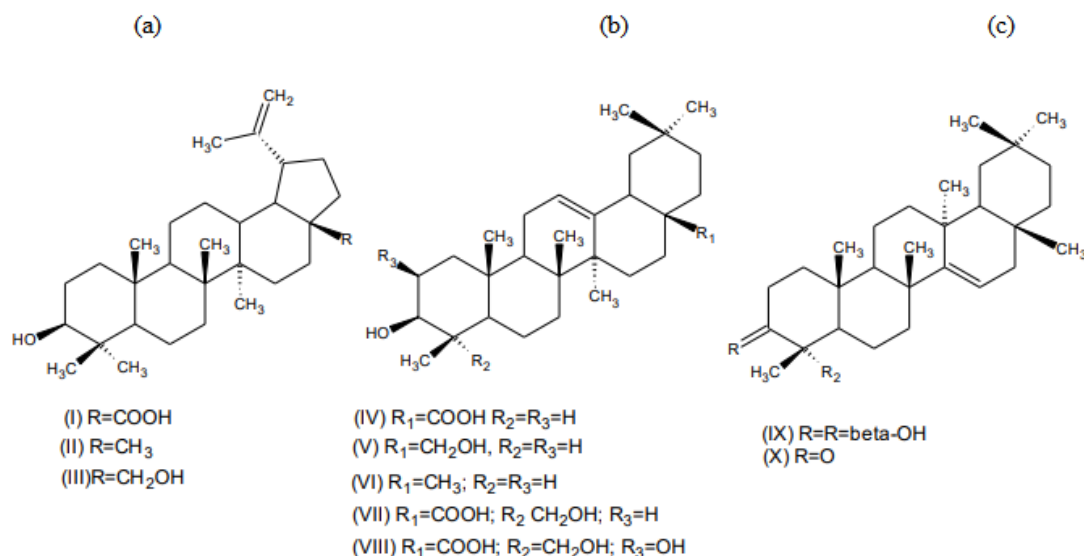
Diversos trabalhos na literatura relatam resultados positivos quanto ao uso do juazeiro como agente antibacterianos, antifúngicos e antivirais. Nas folhas e cascas desta planta é citada a presença de ácido betulínico, ácido oleanólico, amido, anidro fosfórico, cafeína, celulose, hidratos de carbono, óxido de cálcio, proteína, sais, minerais, vitamina C e, como principais substâncias, as saponinas, chamadas de jujubosídeos (SOUSA, MATOS e MATOS, 1991; MELO *et al.*, 2012).

De acordo com Ribeiro, Coelho e Marrucho (2013), as saponinas possuem propriedades exploradas comercialmente em aplicações farmacêuticas e biorremediações, as quais têm sido isoladas de plantas para estudos com interesses fitoquímicos (produção de espumas, emulsificação e solubilização) e biológicos (potencial hemolítico, antimicrobiano e inseticida). Juntamente com proteínas e lipídios, a saponina produz espumas quando soluções aquosas das partes do juazeiro são fortemente agitadas.

O ácido betulínico é um triterpeno pentacíclico da família dos lupanos. Esse composto tem várias propriedades biológicas interessantes, como atividades antitumorais, anti-HIV, antiinflamatória, antimalarial, hepatoprotetor, antidepressiva, antivírica, imunomodelador (CSUK, KIANGA e RENATE, 2006; MACHADO *et al.*, 2013) e no tratamento de diabetes tipo II e obesidade (CHOI *et al.*, 2009). Outro uso altamente promissor do ácido betulínico é como agente antineoplásico (MARQUES, 2016). Segundo Fulda (2008) o ácido ganha ainda mais relevância por as células não cancerígenas apresentarem resistência à sua ação.

Barbosa-Filho (1997) isolou e identificou o ácido betulínico (a), ácido oleanólico (b) e saponina (c), através do extrato hidroalcoólico do juá, representados na Figura 2.

Figura 2 – Estruturas químicas de terpenóides da flora paraibana.



Fonte: BARBOSA-FILHO(1997)

Melo *et al.* (2012) afirmam em seu trabalho que a casca é a parte da planta com a maior atividade antimicrobiana, frente à *Bacillus subtilis*, *Candida albicans* e *Pseudomonas aeruginosa*. Já o extrato das folhas apresentou resultado positivo apenas para *Bacillus subtilis* (ATCC 6633). Lima (2008) estudou a ação antifúngica e antibacteriana do extrato aquoso, hidroalcoólico, etanólico e hexânico das folhas de *Zizyphus joazeiro*. O extrato hexânico e extrato etanólico obtiveram desempenho superior ao aquoso, foi encontrada efetividade significativa contra *Bacillus subtilis*, *Enterobacter aerogenes*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella choleraesuis*, *Staphylococcus aureus*.

A atividade antifúngica do extrato da folha e casca, segundo Cruz *et al.* (2007), apresentou efetividade contra os seguintes fungos: *Candida albicans*, *Candida guilliermondii*, *Cryptococcus neoformans*, *Trichophyton rubrum* e *Fonsecaea pedrosoi*.

3.2 SECAGEM

Secagem é uma operação unitária destinada à conservação pós-colheita de materiais agrícolas, através da remoção térmica de um líquido volátil de um material não volátil, por meio de evaporação (PARK *et al.*, 2007). A secagem é muito utilizada para melhorar a estabilidade dos alimentos através da redução da atividade de água do produto, retardando ou inibindo o crescimento microbiano deteriorante e diminuindo alterações físicas e químicas durante o armazenamento (GURGEL, 2014).

O processo de secagem remove a umidade do material até atingir a umidade de equilíbrio, que varia de acordo com o comportamento e umidade relativa do material, envolvendo, simultaneamente, fenômenos de transferência de massa do líquido do interior do material para a atmosfera na forma de vapor, e transferência de calor, na vaporização do líquido (McCABE, SMITH e HARRIOTT, 2005; MARQUES, 2009; DANTAS, 2010). A elevação da temperatura do material úmido provocará a evaporação da água e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado (PARK *et al.*, 2007).

Em geral, o processo de secagem apresenta diversas vantagens, tais como: permite o armazenamento em longo prazo sem risco de deterioração, disponibilizando o produto durante períodos de entressafra, economia no processo de embalagem, conservação e transporte (COOK E DUMONT, 1991).

É de fundamental importância a escolha do método de secagem. Segundo Sangamithra *et al.* (2015, apud Cavalcante Neto, 2017) pelo método de secagem em leito de espuma (*foam-mat drying*) a qualidade do produto seco obtido é melhor que o material obtido na secagem em tambor, que perde qualidade devido às elevadas temperaturas, como também é mais vantajoso que a liofilização e a secagem por atomização, que apresentam elevados custos de produção.

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

A técnica de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) vem se destacando dentre os métodos de obtenção de produtos alimentícios em pó. Apesar de Francis (2000) considerar que os custos de investimento no processo ficam muito elevados quando objetiva atingir elevadas taxas de produção, a secagem em camada de espuma ainda pode ser considerada vantajosa frente a técnicas como a liofilização e a secagem por atomização, que apresentam elevados custos de produção. (SANGAMITHRA *et al.* 2015). Já em relação a outras técnicas de secagem, como a secagem pulverizada (*spray-drying*) e a secagem em tambor (*drum-drying*), é uma técnica mais simples, até mesmo mais rápida devido à grande área de superfície exposta ao ar, com maior velocidade de secagem, obtendo um produto poroso de fácil reidratação e possibilita o uso de temperaturas mais baixas. (FRANCIS, 2000).

De acordo com Marques (2009) o método de secagem em camada de espuma apresenta como desvantagem a adição de aditivos, que podem modificar algumas características do produto, como sabor, cor e aroma. Esses aditivos são necessários apenas quando o material não forma espuma após agitação. Além de que produtos em pó com umidade menor que 5%

geralmente são altamente higroscópicos, exigindo ambientes com baixa umidade relativa do ar nas operações finais de moagem, tamisação e envase.

O processo é baseado na transformação de alimentos líquidos, semilíquidos ou pastosos em espumas estáveis através da incorporação de ar, nitrogênio ou outros gases, seja por meio da injeção direta ou agitação. Para materiais que não apresentam capacidade de formar espuma é necessária a adição de agentes espumantes e/ou estabilizantes (BRENNAN, 2006; DANTAS, 2010; MARQUES, 2009; RAJKUMAR *et al.*, 2007; THUWAPANICHAYANAN, PRACHAYAWARAKORN, SOPONRONNARIT 2008). Segundo Sankat e Castaigne (2004), esses alimentos que não formam espuma naturalmente quando batidos ou apresentam espumas insatisfatórias para a secagem, apresentam baixas quantidades de proteínas solúveis e monoglicerídeos em sua composição.

O método de secagem de espuma consiste em três etapas: primeiramente a modificação do alimento líquido ou semilíquido em uma espuma estável por meio da adição de agentes espumantes e batimento, seguido do espalhamento do material em uma fina camada para a desidratação com ar quente, e, por fim, trituração para conversão das placas em pó (KARIM; WAI, 1999; RAJKUMAR *et al.*, 2007; TRAVAGLINI, AGUIRRE e SIQUEIRA, 2001).

Após sua produção, a espuma é espalhada uniformemente em bandejas numa fina camada (0,5 centímetros de espessura) e submetida à desidratação com ar quente, em temperaturas iguais ou inferiores a 70 °C, até que o teor de umidade desejado seja alcançado, impedindo o crescimento de microorganismos e reações químicas ou enzimáticas. O produto final se caracteriza por ser poroso e quebradiço, de fácil conversão a um fino pó e reidratação em água (CRUZ, 2013).

A secagem pelo processo de *foam-mat* pode ser entendida pela formação de uma espuma estável, e posterior exposição a uma corrente de ar quente. A secagem da camada de espuma é mais rápida e fácil que de uma camada líquida, devido à área superficial da interface líquido-gás ser maior, em consequência do movimento interno da umidade pelas forças capilares, através da película líquida que separa as bolhas da espuma (DANTAS, 2010).

A estabilidade e densidade da espuma são as características mais importantes a serem observadas no processo de secagem. Para que a desidratação seja considerada eficiente as espumas devem permanecer, mecânica e termodinamicamente, estáveis, ou seja, não colapsarem durante pelo menos 1 hora a temperatura ambiente. Termicamente, espumas estáveis conservam a sua estrutura porosa, garantindo qualidade aos produtos, como cor, textura, sabor e valor nutricional, e melhor reconstituição do produto seco (BAG, SRIVASTA e MISHRA, 2011).

Pela grande quantidade de vantagens que o método de secagem em camada de espuma apresenta, muitos estudos vem sendo desenvolvidos com diferentes frutas e vegetais. Na Tabela 2 são mostrados alguns desses estudos:

Tabela 2 – Pesquisas realizadas com o método de secagem *foam-mat drying*.

FRUTAS E VERDURAS	T(°C)	ADITIVOS	REFERÊNCIA
Laranja (<i>Citrus sinensis</i>)	60	Albumina e Metilcelulose	SEGURA; MONROY; MANRIQUE (1990)
Maracujá (<i>Passiflora edulis</i>)	60	Metilcelulose	SEGURA; MONROY; MANRIQUE (1990)
Pinha (<i>Annona squamosa</i>)	70	Albumina	SEGURA; MONROY; MANRIQUE (1990)
Acerola (<i>Malpighia emarginata D.C</i>)	60 – 70	Pectina Cítrica e Emustab®	SOARES <i>et al.</i> (2001)
Tamarindo (<i>Tamarindus indica L</i>)	60 – 70	Composto protéico a base de albumina (Advanced Nutrition)	SILVA <i>et al.</i> (2008)
Abacaxi (<i>Ananas comosus L</i>)	60 – 70	Liga Neutra Artesanal e Emulsificante	DANTAS (2010)
Seriguela (<i>Spondias purpurea L</i>)	60 – 70	Emulsificante, Liga Neutra e Goma agaragar	DANTAS (2010)
Umbu (<i>Spondias tuberosa L</i>)	60 – 70	Liga Neutra Artesanal e Emulsificante	DANTAS (2010)
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	60 – 80	Albumina	FERNANDES <i>et al.</i> (2013)
Graviola (<i>Annona muricata L.</i>)	50, 60 e 70	Emustab® e Liga Neutra	GURGEL (2014)

Fonte: SILVA (2015)

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 OBTENÇÃO DA MATÉRIA PRIMA

As folhas utilizadas para o desenvolvimento do presente trabalho foram retiradas manualmente de um juazeiro (Figura 3) localizado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, latitude 07° 05' 00'' S e longitude 34° 50' 00'' W. A coleta do material era feita sempre no mesmo dia que seria utilizado nos experimentos; após a coleta o material era encaminhado para o Laboratório de Termodinâmica do Departamento de Engenharia Química no Centro de Tecnologia da UFPB. As folhas foram selecionadas de forma a evitar a utilização de folhas muito novas ou muito velhas. Posteriormente, as folhas

foram lavadas com água corrente para a retirada de sujeiras superficiais, e tiveram seus talos cortados (Figura 4).

Figura 3 – Árvore de juá localizada na UFPB.



Figura 4 – Folhas de juazeiro (a) com talo e (b) sem talo.



(a)



(b)

4.2 PRODUÇÃO DO SUCO

Para a extração do suco, as folhas foram processadas juntamente com 300 mL de água destilada num liquidificador industrial. Foram feitos quatro tipos de sucos, diferindo apenas sua concentração, 10g/300mL (3,33% de folha de juá), 30g/300mL (10% de folha de juá), 90g/300mL (30% de folha de juá) e 150g/300mL (50% de folha de juá).

4.3 PRODUÇÃO DA ESPUMA

O suco obtido foi dividido em quantidades iguais em béqueres, e cada quantidade foi processada em uma batedeira comum Planetária Deluxe SX80, Arno, em diferentes tempos de agitação (t_{ag}) pré-definidos, 2 e 6 minutos, com velocidade no nível 6.

4.4 CARACTERIZAÇÃO DA ESPUMA

A caracterização da espuma foi feita através de testes de densidade e percentual de expansão, avaliação da estabilidade da espuma, capacidade de incorporação de ar (*over run*) e testes preliminares de secagem em camada de espuma.

4.4.1 Densidade e percentual de expansão

A densidade ou massa específica da espuma e do suco foram obtidas pela medida de seus pesos, utilizando uma proveta de 100 ml, previamente calibrada (Figura 5), e calculada pela razão da massa pelo volume da mesma, como mostra a Equação 1:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

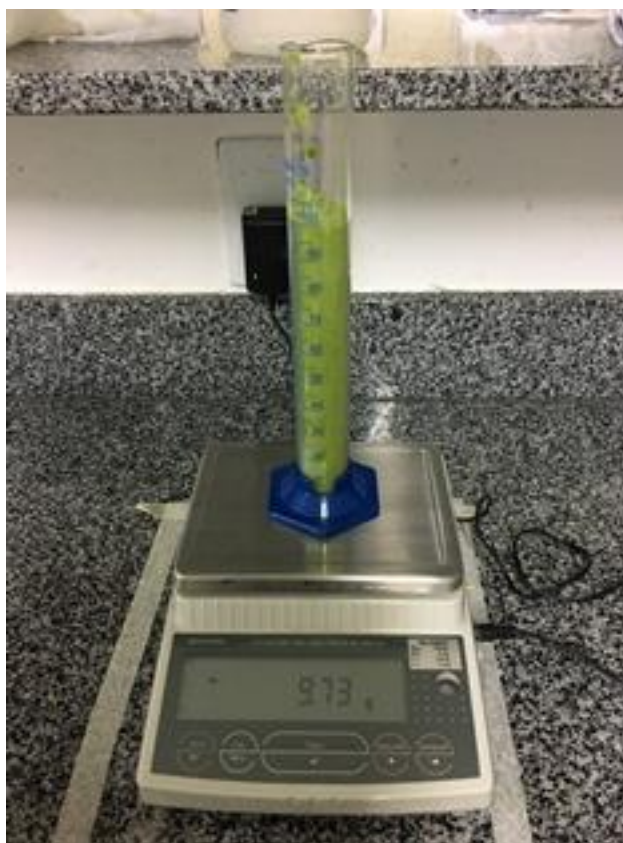
Onde: ρ : densidade (g/mL); m: massa(g) e V: volume (mL).

Assim, com os valores da densidade da espuma e da amostra, foi obtido o percentual de expansão da espuma usando a Equação 2:

$$\%expansão = \frac{\frac{1}{\rho_{espuma}} - \frac{1}{\rho_{amostra}}}{\frac{1}{\rho_{amostra}}} \times 100 \quad (2)$$

Em que: ρ_{espuma} : densidade da espuma (g/cm³); $\rho_{amostra}$: densidade do suco (g/cm³).

Figura 5 – Sistema utilizado para determinação da densidade.

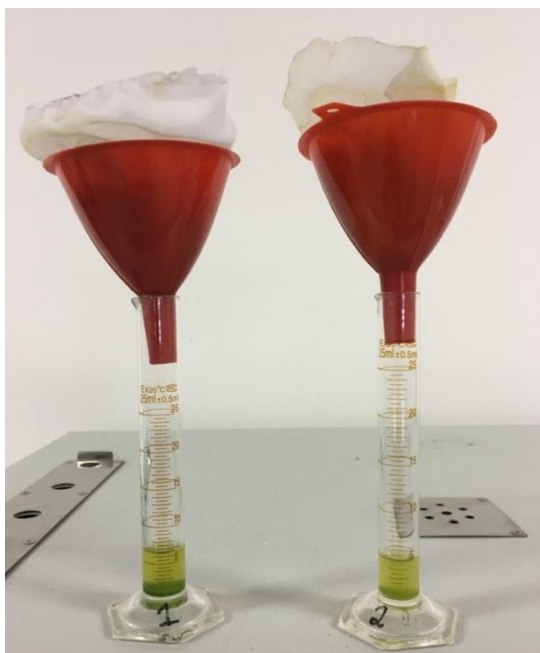


4.4.2 Estabilidade da espuma

Assim como a expansão, a estabilidade da espuma promove a circulação de água durante o processo de secagem, garantindo qualidade do produto obtido (BAG, SRIVASTAV, MISHRA, 2011). A avaliação da estabilidade da espuma foi feita através da observação do volume drenado em uma proveta, seguindo a metodologia citada por Karin e Chee-Wai (1999). Essa metodologia segue o princípio de que a estabilidade é inversamente proporcional ao volume drenado.

Para a realização dos testes utilizou-se uma quantidade de aproximadamente 15g de espuma depositada em um sistema (Figura 6) composto por um funil com filtro de nylon acoplados a uma proveta graduada, mantida na estufa, com circulação de ar, à temperatura de 50 °C. Esse sistema foi observado durante 90 minutos, e lido o volume do líquido drenado a cada 10 minutos.

Figura 6 – Sistema utilizado para determinação da estabilidade da espuma.



4.4.3 Incorporação de ar (*over run*)

O termo *over run* é utilizado para descrever o volume de aeração ou o nível de incorporação de ar dos produtos alimentícios, sendo determinado pela porcentagem de expansão da espuma (FRANCO *et al.*, 2015).

A capacidade de incorporação de ar foi feita através da medida do volume do suco da folha e o volume da espuma obtida, através da Equação 3. Vale ressaltar que o volume total do suco da folha foi dividido, e batido na batedeira em dois tempos diferentes.

$$\% \text{ over run} = \frac{V_{\text{espuma}} - V_{\text{amostra}}}{V_{\text{amostra}}} \times 100 \quad (3)$$

Em que: V_{espuma} : volume da espuma após agitação (mL) e V_{amostra} : volume do suco antes da agitação.

4.4.4 Testes preliminares de secagem em camada de espuma

Para realizar a secagem a espuma obtida foi sobreposta numa bandeja de alumínio com espessura da camada de espuma de 0,5 cm (Figura 7), e colocada na estufa com circulação de ar na temperatura de 60 °C. A temperatura e a umidade relativa do ar ambiente também foram medidas e monitoradas.

O teor de água perdido durante o processo de secagem foi obtido por pesagens descontínuas das amostras e o esquema das pesagens seguiu intervalos de 5, 10, 30 e 60 min, até que a variação de massa fosse insignificante. O pó obtido foi guardado em tubos falcon para posteriores análises.

Figura 7 – Espuma na bandeja antes da secagem.



5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PRODUÇÃO DO SUCO

Para as concentrações de folhas de 10g/300mL, 30g/300mL e 90g/300mL, o tempo de trituração foi de 3 minutos, apenas essa última concentração foi necessário pausas durante a trituração para misturar o material dentro do liquidificador. Já para a concentração de 150g/300m ao adicionar todas as folhas antes da trituração, necessitou de 9 minutos para triturar todas as folhas, sendo também necessárias pausas para misturar o material. Testando a adição de pequenas quantidades de folhas aos poucos, em intervalos regulares de 1 minuto, e necessitou apenas de 6 minutos para que todas as folhas fossem trituradas totalmente. Assim, o segundo teste foi considerado mais eficiente por apresentar menor tempo de trituração.

A concentração do suco é diretamente proporcional à densidade, ou seja, à medida que a concentração aumenta mais denso é o suco obtido. Para as duas maiores concentrações houve formação de uma pasta homogênea, devido a grande quantidade de folha. Já para as duas menores concentrações, o suco apresentou-se líquido, com coloração verde escura e com formação de grande quantidade de espuma ainda na trituração. Em teste que essa espuma formada foi descartada, e apenas o suco foi utilizado para a obtenção, na batedeira, da espuma, essa não apresentou consistência, voltando ao estado líquido assim que a agitação

parou. Dessa forma, todo o material adquirido na trituração foi utilizado para produção da espuma.

5.2 PRODUÇÃO DA ESPUMA

O suco das folhas de júa apresenta atividade espumante sem a necessidade de adição de aditivos. Na agitação dos sucos na batedeira foram fixados dois tempos, 2 e 6 minutos. Foi verificado que, em maiores velocidades de agitação o material era projetado para fora, ocorrendo perdas. A espuma formada é mostrada na Figura 8.

Figura 8 – Espuma da folha do juá.

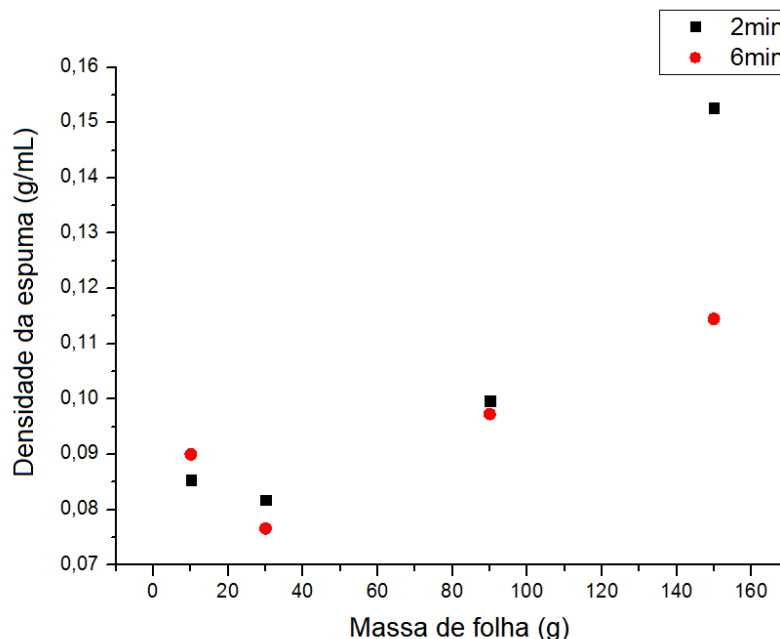


5.3 DENSIDADE E PERCENTUAL DE EXPANSÃO

A densidade da espuma foi obtida para os dois diferentes tempos de agitação, e assim o percentual de expansão da espuma foi calculado.

Na Figura 9 são apresentados os valores obtidos nos testes de densidade.

Figura 9 – Variação da densidade da espuma em função da massa de folha utilizada após agitações de 2 e 6 minutos.



Verificou-se que o tempo de agitação e a concentração das folhas têm influencia nos valores das densidades. Para o aumento no tempo de agitação os valores da densidade diminuíram, e para o aumento da concentração das folhas os valores aumentaram. De acordo com Van Arsdel e Copley (1964 apud DANTAS, 2010), a densidade da espuma para que a secagem seja viável deve estar compreendida na faixa de 0,1 a 0,6g/cm³. Pela observação da Figura 9 apenas as concentrações de 90 e 150g/300mL apresentaram valores de densidade dentro da faixa exigida.

Na concentração de 10g/300mL do suco de juá, nos dois tempos de agitação, parte do suco não virou espuma, sendo assim a espuma formada não apresentou consistência e estabilidade. O tempo gasto entre colocar a espuma na proveta e pesar, para determinação da massa, foi suficiente para que a espuma começasse a colapsar, ou seja, voltar ao estado líquido. O que pode justificar a medida do peso da espuma para essa concentração apresentar-se mais alta que para a concentração de 30g/300mL.

No tempo de agitação de 6 minutos as espumas nas concentrações de 30, 90 e 150g de folhas apresentaram menor densidade, conseqüentemente maior estabilidade e facilidade de perda de água no processo de desidratação, chegando a menores teores de umidade até mesmo em temperaturas moderadas (KUDRA e RATTI, 2008). Segundo Cruz (2013), a diminuição da densidade das espumas pode ocorrer devido à incorporação de ar durante um maior tempo 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, tornando a espuma mais porosa e, portanto na diminuição da densidade da espuma. Assim, uma espuma porosa é mais favorável ao processo de desidratação, pois promove uma remoção de água mais rápida. Simões (2017), na secagem das folhas de mastruz, ao aumentar o tempo de agitação proporcionou um decaimento de 24,10% no valor da densidade, nas concentrações testadas.

Na Tabela 3 são mostrados os valores da expansão da espuma nos dois tempos de agitação.

Tabela 3- Resultados da análise da expansão para o tempo de agitação de 2 e 6 minutos.

Tempo de agitação (min)	Concentração de folha de juá (%)			
	3,33	10	30	50
2	-60,96	22,25	200,9	227,65
6	-62,96	30,55	208,3	336,68

Assim como a densidade, a expansão da espuma também é diretamente proporcional à concentração do suco. Ainda de acordo com Dantas (2010), para o processo de secagem a espuma deve apresentar expansão acima de 100%, e isso só ocorreu para as duas maiores concentrações de folha.

Na caracterização da espuma da entrecasca do juá feita por Vasconcelos (2017), a densidade apresentou-se dentro da faixa exigida para as três concentrações testadas (30, 60 e 90g/300mL), tendo maior valor para a maior concentração. Foram obtidos valores de porcentagem de expansão entre 262%, para a concentração de 10% de entrecasca, e 842%, para a concentração de 30% de entrecasca.

5.4 ESTABILIDADE DA ESPUMA

Os testes de estabilidade são de grande importância ao se trabalhar com secagem em camada de espuma, pois além da formação de espuma, essa tem que se apresentar estável durante o processo de secagem. Além disso, a remoção de água é mais rápida quando maior a estabilidade da espuma. Conforme Karim e Wai (1999) durante a secagem pode ocorrer colapso celular se a espuma não permanecer estável, tornando o processo ineficiente e havendo perda da qualidade do produto final.

Diversos fatores influenciam a estabilidade da espuma, como tempo de batimento, temperatura de secagem, tipo e quantidade de agente espumante (KADAM, PATIL e KAUSHIK, 2010). Para Bastos *et al.* (2005) quando necessária a adição desses agentes, a análise da estabilidade determina a quantidade mínima necessária para produção de uma espuma adequada para o processo de secagem.

Na Figuras 10 e 11 são mostradas curvas do volume drenado ao longo do tempo.

Figura 10 – Estabilidade da espuma para a temperatura de 50 °C e 2 minutos de agitação, nas quatro concentrações.

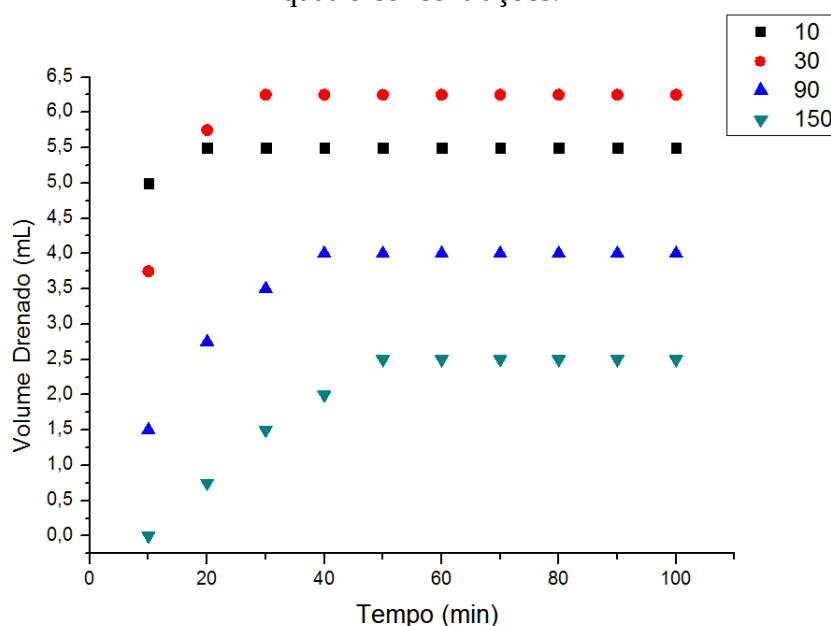
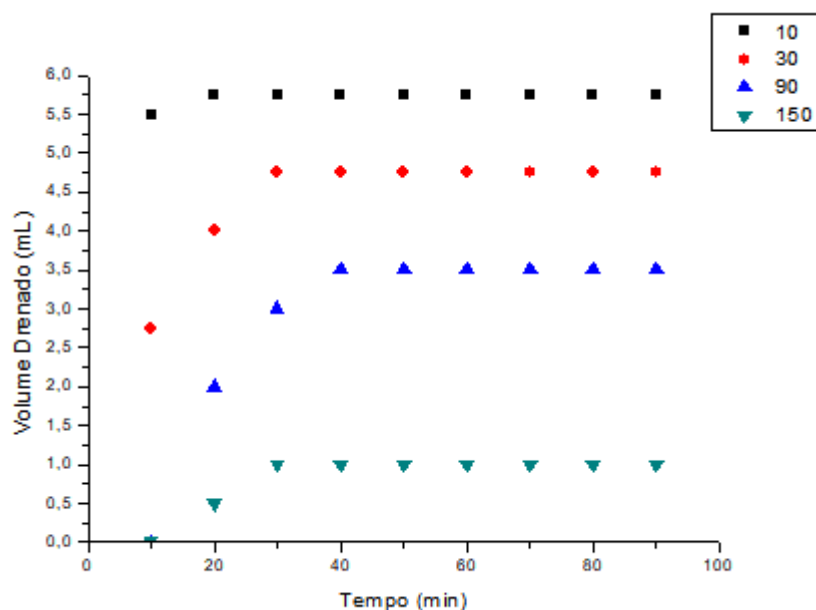


Figura 11 – Estabilidade da espuma para a temperatura de 50 °C e 6 minutos de agitação, nas quatro concentrações.



O volume drenado de líquido foi maior para as menores concentrações e no menor tempo de agitação, ou seja, para menores concentrações de folha e tempo de agitação a espuma formada é menos estável. Isso é explicado pelo fato de que na agitação ocorre a introdução de ar no sistema, assim quanto mais tempo o suco passar agitando mais estável será a espuma obtida.

Em todas as condições experimentais o material líquido drenado apareceu nos primeiro 10 minutos e logo atingiram o equilíbrio. Além disso, para todas as concentrações e tempos de agitação, a espuma obtida deixada em repouso à temperatura ambiente, após 1 hora apresentou, para todas as formulações de espumas testadas, uma pequena quantidade de líquido no fundo dos recipientes. Ou seja, as espumas não são consideradas mecanicamente estáveis para o processo de secagem (RATTI e KUDRA, 2006).

Os melhores resultados foram alcançados com a concentração 150g/300mL no tempo de agitação de 6 minutos, no qual drenou apenas 1mL, valor insignificante comparado com os volumes atingido pelas outras concentrações.

A estabilidade da espuma do suco das folhas de juá apresenta valores não satisfatórios quando comparados com os resultados da estabilidade da espuma para o suco da entrecasca do juá, no qual o volume máximo drenado foi de 4mL para a concentração de 30g/300mL, e para 90g/300mL não obteve mais que 1mL (VASCONCELOS, 2017). Cavalcante Neto (2017) mostrou que é possível alcançar estabilidade de 100% combinando aditivos, como Albumina e Emustab. Em sua pesquisa obteve a estabilidade desejada para as concentrações de 5g de Emustab/100g de cuxá e 10g de Albumina/100g de cuxá. O mesmo autor também mostra que Widyastuti e Srianta (2011) em experimento com espuma de mamão encontram valores de estabilidade de 100% nas concentrações de 10%, 15% e 20% de Albumina. E Roncheti (2014) em estudo com espuma de cenoura encontram valores de estabilidade de 100% na concentração de 7,5% e valores acima de 99% para as concentrações de 2,5%, 5% e 10%.

5.5 INCORPORAÇÃO DE AR (*OVER RUN*)

Incorporação de ar no processo de agitação leva a uma redução da densidade da espuma, devido à alta velocidade durante a agitação ocasionar o aumento da taxa de cisalhamento, favorecendo maior volume de bolhas de ar na espuma (CRUZ, 2013). Nas Tabelas 4 e 5 estão dispostos os valores correspondentes aos volumes antes e após a batida, e a porcentagem de expansão.

Tabela 4: Resultados obtidos na incorporação de ar para 2 minutos de agitação.

Concentração (g/300mL)	Volume inicial (mL)	Volume final (mL)	Over run (%)
10	300	850	183,33
30	300	1500	400
90	300	1200	300
150	300	600	100

Tabela 5: Resultados obtidos na incorporação de ar para 6 minutos de agitação.

Concentração (g/300mL)	Volume inicial (mL)	Volume final (mL)	Over run (%)
10	300	900	200
30	300	1700	466,66
90	300	1800	500
150	300	1300	333,33

Analisando os valores, maior porcentagem de expansão foi atingida no maior tempo de batadura para todas as concentrações. Também podemos observar que para o mesmo tempo houve a incorporação de ar é proporcional ao aumento da concentração, diferindo apenas para a concentração de 150g/300mL que diminuiu o valor de expansão comparado a 90g/300mL.

Simões (2017) com a folha do mastruz com adição de aditivos atingiu para menores concentrações expansão de 210% e expansão de 430% para a maior concentração. Lima (2017) na secagem das folhas de hortelã-da-folhas-miúda (*Mentha crispa*) obteve valores de expansão de 700% e 800%, para a menor e maior concentração de folhas com adição de aditivos, respectivamente. Já para a espuma da entrecasca do juá o valor máximo de incorporação de ar, sem adição de emulsificantes, foi de 325% para a concentração de 90g/300mL (VASCONCELOS, 2017). Em relação à incorporação de ar o suco da folha do juá apresentou melhores resultados comparado ao suco da entrecasca do mesmo.

Figura 12 – Incorporação de ar do suco da folha de juá para (a) 2 minutos e (b) 6 minutos.



5.6 SECAGEM NA CAMADA DE ESPUMA

Os ensaios de secagem realizados foram feitos em uma única temperatura, a fim de avaliar o comportamento da espuma nas duas concentrações durante o processo. A temperatura escolhida para realizar a secagem em camada de espuma foi de 60 °C, para não correr riscos de altas temperaturas degradarem proteínas e outros compostos presentes na espuma.

Com os resultados obtidos durante a caracterização da espuma, apenas as formulações com 90 e 150g de folha foram favoráveis à secagem. Isso porque apresentaram expansão superior a 100%, densidade dentro da faixa exigida, e menores volumes drenados na análise de estabilidade. O tempo de secagem foi maior para a formulação de 90g/300mL, nas mesmas condições de secagem. E o menor tempo de secagem foi alcançado pelo experimento que possui maiores valores das variáveis (150g e 6 minutos).

No decorrer da secagem o material perde umidade, e consequentemente, perde massa, diminuindo seu volume. O produto obtido é um pó compacto, de cor esverdeada semelhante à colação das folhas antes da secagem e sem odor forte, como pode ser observado nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 – Pó obtido após a secagem da espuma do juá.



Figura 14 – Pó reservado em tubos falcon.



6. CONCLUSÃO

As folhas do juá apresentam ótima atividade espumante, sem necessidade de aditivos, formando espuma até mesmo durante sua trituração. Quanto à caracterização da espuma foram avaliadas a incorporação de ar, a densidade e a estabilidade das mesmas. O aumento no tempo de agitação tornou a espuma menos densa, e consequentemente, maior foi a porcentagem de expansão. Os resultados obtidos pelo *over run* demonstraram que com maiores concentrações de folhas e maior tempo de agitação, maior será a incorporação de ar, resultando num maior volume da espuma.

Pela análise da estabilidade da espuma foi possível observar que o aumento no tempo de agitação também proporcionou uma espuma mais estável.

A concentração e tempo de agitação também influenciam o processo de secagem, cujo valor mais satisfatório foi obtido para as maiores variáveis, que apresentou uma espuma estável, bem aerada e com menor tempo total de secagem em relação aos demais.

De maneira geral, a secagem em camada de espuma mostrou-se um método satisfatório e viável para a obtenção do pó das folhas do juazeiro, apresentando valores ótimos para todas as análises de caracterização. Porém ao comparar os resultados obtidos nesse trabalho com a caracterização física da entrecasca do juá, utilizando os mesmos métodos de caracterização, a entrecasca apresenta valores mais satisfatórios, visto que a espuma formada é mais estável.

REFERÊNCIAS

- AGRA, M. F.; **Plantas da medicina popular dos Cariris Velhos**, 1996.
- BARBOSA-FILHO, J. M. Quimiodiversidade e potencialidade farmacológica da flora paraibana **Caderno de Farmácia**, v. 13, n. 2, p. 85-102, 1997.
- BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**. v.4, p.1450-1458, 2011.
- BARROS, J. F. P. **A floresta sagrada de Ossaim: O segredo das folhas** - Pallas Editora, 2015.
- 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**, v. 8, n. 4, p. 283-290, 2005.
- BRAGA, R. C. **Juazeiro (Ziziphus Joazeiro) - árvore da Caatinga com potencial medicinal**. 2010. Disponível em: <http://pro.casa.abril.com.br/group/cronicasdoouroverde/forum/topics/juazeiro-ziziphus-joazeiro-1?xg_source=activity> Acesso em 09 jun 2018.
- BRENNAN, J. G. **Food Processing Handbook**. 1 ed, Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, p85-95, 2006.
- CAVALCANTE NETO, A. A. **Desidratação de Cuxá em Leito de Espuma – Avaliação da Cinética de Secagem e da Qualidade do Produto em Pó**. Tese Doutorado (Engenharia e Ciências de Alimentos), UNESP, São Jose do Rio Preto, 2017.
- CHOI, J. Y.; NA, M.; HWANG, I.H.; LEE, S.H.; BAE, E.Y.; KIM, B.Y.; AHN, J.S. Isolation of betulinic acid, its methyl ester and guaiane sesquiterpenoids with protein tyrosine phosphatase 1b inhibitory activity from the roots of saussurea lappa C.B. Clarke. **Molecules**. v. 14, p. 266-272, 2009.
- COOK, E. M., DUMONT, H. D. **Processdrying practive**. New York: McGraw-Hill, p. 350, 1991.
- CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, v. 1, 669p. 1984.
- COSTA, N. P.; LUZ, T. L. B.; GONÇALVES, E. P.; BRUNO, R. L. A. Caracterização físico-química de frutos de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* ARR. CÂM.) colhidos em quatro estádios de maturação. **BioscienceJounal** v. 20, n. 2, p.65-71, 2004.
- COSTA, A. **Juazeiro - Ziziphus joazeiro**. 2011. Disponível em: <<http://www.naturezabela.com.br/2011/04/juazeiro-ziziphus-joazeiro.html>>. Acesso em: 26 de Maio de 2018.

CRUZ, M. C. S.; SANTOS, P. O.; BARBOSA JUNIOR, A. M.; ALVIANO, C. S.; ANTONIOLLI, A. R.; ALVIANO, D. S.; TRINDADE, R. C. Antifungal activity of Brazilian medicinal plants involved in popular treatment of mycoses. **Journal of Ethnopharmacology** v. 111, p. 409-410, 2007.

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

CSUK, R., KIANGA S., RENATE, S., A practical synthesis of betulinic acid, *Tetrahedron Letters*, 47, 8769–70, 2006

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

FEITOZA, J. V. F.; ARAÚJO, J. S. F.; QUEIROGA, I. M. B. N.; SANTANA NETO, D. C. O juá e seu potencial diversificativo através da tecnologia de conservação dos alimentos. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1, Campina Grande, 2016.

FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2 Ed., New York: John Wiley & Sons, v.1, p. 2907, 2000.

FRANCO, T. S.; ELLENDERSEN, L. N.; FATTORI, D.; GRANATO, D.; MASSON, M. L. Influence of the Addition of Ovalbumin and Emulsifier on the Physical Properties and Stability of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*) Juice Foams Prepared for Foam Mat Drying Process. **Food and Bioprocess Technology**, v. 8, n. 10, p. 2012-2026, 2015.

FULDA, S. Betulinic acid for cancer treatment and prevention, **International Journal of Molecular Sciences**, v. 9, p. 1096–1107, 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**. 80 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

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, n. 1, p.111-124, 2010.

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.

KUDRA, T.; RATTI, C. Process and energy optimization in drying of foamed materials. **Transactions of the Tambov State Technical University**, v.14, n.4, p.812-819, 2008.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 17, n. 4, p. 153-163, 2006.

LIMA, J. L. S. **Plantas forrageiras das caatingas: usos e potencialidades**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, p. 43, 1996.

LIMA, I. S. P.; VIANA, G. S. B.; NOBRE, M. E. P. Estudo da ação dos taninos de *Myracrodruon urundeuva* (aroeira do sertão) no modelo de úlcera induzida por indometacina. **In: XXXV Congresso Brasileiro de Farmacologia e Terapêutica Experimental**, Águas de Lindóia, 2000.

LIMA, R. B. **A família Rhamnaceae no Brasil: diversidade e taxonomia**. 292 p. Tese (Doutorado em Botânica), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

LIMA, P. M. **Avaliação da atividade de extratos de folhas de *Momordica charantia*, *Auxemma oncocalyx* e *Ziziphus joazeiro* sobre bactérias e larvas de *Culex quinquefasciatus***. 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró-RN, 2008.

LIMA, A. C. F. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) das folhas de hortelã-dafolha-miúda (*Mentha crispa*)**. 47 p. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 3 ed. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, v. 1, 351p. 2000.

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

LUNA, J. S.; SANTOS, A. F.; LIMA, M. R. F.; OMENA, M. C.; MENDONÇA, F. A. C.; BIEBER, L. W.; SANT'ANA, A. E. G. A study of the larvicidal and molluscicidal activities of some medicinal plants from northeast Brazil. **J. of Ethnopharmacology**. v. 97, p. 199-206, 2005.

MACHADO, D. G., CUNHA, M. P., NEIS, V. B., BALEN, G. O., COLLA, A., BETTIO, L. E. B., Antidepressant-like effects of fractions, essential oil, carnosol and betulinic acid isolated from *Rosmarinus officinalis* L., **Food Chemistry**, 136, p. 999–1005, 2013.

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

MARQUES, A. R. P.; **Fitocompostos com atividade antineoplásica- ácido betulínico e derivados**. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, 2016.

MATOS, F.J.A. **Plantas medicinais. Guia de seleção e emprego das plantas usadas na fitoterapia no Nordeste do Brasil**. Fortaleza: Edições UFC. 2 ed. 346p. 2000.

MCCABE, W.L.; SMITH, J.C.; HARRIOTT, P. **Unit operations of chemical engineering** . 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2005.

MELO, M. S. F.; **Avaliação da atividade antimicrobiana de extrato do fruto, folha e casca de caule do *Zizyphus joazeiro* Mart.** Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas). Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2010.

MELO, M. S. F; ROCHA, C. Q; SANTOS, M. H; CHAVASCO, J. M; CHAVASCO, J. K. Pesquisa de bioativos com atividade antimicrobiana nos extratos hidroetanólicos do fruto, folha e casca de caule do *Zizyphus joazeiro* Mart. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações**, v. 10, n. 2, p. 43-51, 2012.

MENDES, B.V. **Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.): símbolo da resistência das plantas das caatingas**. Mossoró: Fundação Vingt-Um Rosado/ETFERN-UNED, 24 p. (Coleção Mossoroense, 168) 1996.

MONIZ, K. L. A. **Caracterização morfológica de sementes e frutos e estudos da germinação da espécie *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae)**. 88 p. Dissertação (Mestrado em botânica), Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2002.

NADIA, T.L.; MACHADO, I.C; LOPES, A.V. Fenologia reprodutiva e sistema de polinização de *Zizyphus joazeiro* Mart. (Rhamnaceae): atuação de *Apis mellifera* e de visitantes florais autóctones como polinizadores. **Acta Botânica Brasílica**, v.21, n.4, p. 835-845. 2007.

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

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

RATTI, C.; KUDRA, T. Drying of foamed biological materials: opportunities and challenges. **Drying Technology**, v. 24, n. 9, p. 1101-1108, 2006.

RIBEIRO, B. D; COELHO, M.A; MARRUCHO, I.M.; Extraction of saponins from sisal (*Agave sisalana*) and juá (*Zizyphus joazeiro*) with cholinium-based ionic liquids and deep eutectic solvents. **Eur Food Res Technol**, 237, p. 965–975, 2013.

ROCHA, G. P. **Juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.)**. 2012. Disponível em: <<http://blog.tocandira.com.br/sobrevivencia/juazeiro-zizyphus-joazeiro-mart/>>. Acesso em: 09 jun 2018.

RONCHETI, E. F. S. **Estudo do processo de secagem em leito de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos: Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, 2014.

SANGAMITHRA, A.; SIVAKUMAR, V.; KANNAN, K.; JOHN, S. G. Foam-Mat Drying of Muskmelon. **International Journal of Food Engineering**, v. 11, n. 1, p. 127-137, 2015.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behavior of ripe bananas. **LWT - Food Science and Technology**, v.37, n.5, p.517-525, ago. 2004.

SCHMITT, A.C.; ALMEIDA, A.B.P.F.; SILVEIRA, T.A.; IWAKURA, C.T.; MENDES, K.F.; SILVA, M.C. Avaliação da atividade antimicrobiana *in vitro* da planta *Bryophyllum pinnatum* Kurz (“Folha-da-fortuna”) colhida em Várzea Grande, Mato Grosso/Brazil. **ActaScientiaeVeterinariae**. v. 31, n. 1, p. 55- 58, 2003.

SIMÕES, T. B. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) das folhas do mastruz (*Chenopodium ambrosioides* L.)**. 53 p. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

SILVA, L. M. M.; MATOS, V. P. Morfologia de frutos, sementes e plântulas de catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul. - Caesalpinaceae) e de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart. - Rhamnaceae). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 263-269, 1998.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. **Biodiversidade da caatinga: Ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 2004.

SILVA, L. R.; BARRETO, N. D. S.; BATISTA, P. F.; ARAÚJO, F. A. R.; MORAIS, P. L. D. Caracterização de frutos de cinco acessos de juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 13, n. 1, p. 15-20, 2011.

SILVA, J. B. **Caracterização físico-química e química do fruto do juazeiro (*Zizyphus joazeiro* Mart) e avaliação da sua conservação por fermentação láctica**. 95 p. Tese (Doutorado em Química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

SILVA, A. C. B. **Estudo da viabilidade da secagem da polpa de maracujá (*Passiflora edulis*) pelo método foam-Mat**. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2015.

SOEJARTO, D. D. Biodiversity prospecting and benefit sharing: perspectives from the field. **J. Ethnopharmacol.**, v. 51, p. 1-15, 1996.

SOUSA, M. P.; MATOS, M. E. O.; MATOS, F. J. A. **Constituintes químicos de plantas medicinais brasileiras**. Fortaleza: Imprensa Universitária / UFC, 416 p. 1991.

SOUSA, F. C.; SILVA, L. M. M.; CASTRO, D. S.; NUNES, J. S.; SOUSA, E. P.; Propriedades Físicas e Físico-Químicas da Polpa de Juazeiro: Properties Physical and Physical-Chemical Pulp Juazeiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p.68-71, 2013.

THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. **Drying characteristics and quality of banana foam mat**. Journal of Food Engineering, v. 86, p. 573–583, 2008.

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

VASCONCELOS, L. F. S. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) do juá (*Zizyphus joazeiro*)**. 38 p. Trabalho Final de Curso (Bacharelado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

WIDYASTUTI, T. E. W; SRIANTA, I. Development of functional drink based on foam-mat dried papaya (*Carica papaya* L.): optimisation of foam-mat drying process and its formulation. **International Journal of Food, Nutrition and Public Health**, v. 4, n. 2, p. 167-176, 2011.

YUNES, R.A.; CECHINEL FILHO, V. Breve análise histórica de plantas medicinais: sua importância na atual concepção de fármaco segundo os paradigmas ocidental e oriental. In: YUNES, R. A.; CALIXTO, J. B. (Ed.). **Plantas medicinais sob a óptica da química medicinal moderna**. Chapecó: Argos, p. 17-46, 2001.