



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

DANIEL ARNÓBIO DANTAS DA SILVA

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE
ESPUMA DO FRUTO DO JUAZEIRO (*ZIZIPHUS JOAZEIRO* M.)**

João Pessoa - PB

2018

DANIEL ARNÓBIO DANTAS DA SILVA

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE
ESPUMA DO FRUTO DO JUAZEIRO (*ZIZIPHUS JOAZEIRO M.*)**

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: Profa. Dra. Josilene de Assis
Cavalcante.

João Pessoa - PB.

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586d Silva, Daniel Arnóbio Dantas da.
DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE
ESPUMA DO FRUTO DO JUAZEIRO (ZIZIPHUS JOAZEIRO M.) /
Daniel Arnóbio Dantas da Silva. - João Pessoa, 2018.
43 f.

TCC (Especialização) - UFPB/CT.

1. desidratação; frutas do semiárido. I. Título

UFPB/BC

DANIEL ARNÓBIO DANTAS DA SILVA

**DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS PARA A SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA
DO FRUTO DO JUAZEIRO (ZIZIPHUS JOAZEIRO M.)**

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

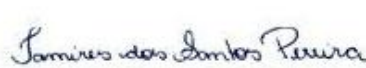
Aprovado em 01 de novembro de 2018



Prof.ª. Dra. Josilene de Assis Cavalcante
(Orientadora) - DEQ/CT/UFPB



Me. Ana Carolina Nóbrega Leite
(Examinadora) - PPGEQ/CT/UFPB



Me. Tamires dos Santos Pereira
(Examinadora) - PPGEQ/CT/UFPB

*Cada átomo em seu corpo veio de uma estrela que
explodiu. E os átomos em sua mão esquerda
provavelmente vieram de uma estrela diferente da
mão direita. É realmente a coisa mais poética que
eu sei sobre física: vocês são todos poeira estelar.*

Lawrence M. Krauss.

AGRADECIMENTOS

Agradeço e dedico este trabalho a minha mãe, Maria Francisca, por ser sempre um exemplo de ser humano, e que com muito carinho, esforço e apoio não mediu esforços para que eu concluísse essa etapa da vida.

Agradeço também aos membros da minha família, sobretudo a minha avó, Dorita, por tudo que fez por mim.

A professora Josilene Cavalcante por toda paciência, dedicação e apoio na realização desse trabalho.

Aos professores Sávio Moita, e Jannaíra Bueno que me ensinaram logo no início do curso o prazer de estudar.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química Genaro Zenaide, Sharline Florentino, Nagel Alves, Arioston Júnior, Andrea Lopes, Carlos Alberto Bispo e Vivian Stumpf por todos os ensinamentos, e contribuição para o meu engrandecimento intelectual.

A Jéssica Kelly, cujo suporte e ensinamentos foram imprescindíveis para realização dos experimentos no laboratório.

Aos amigos queridos e companheiros de curso, que dividiram comigo essa jornada. Em especial, Pricila Araújo, Lizandra Cordeiro, Rhayane Rodrigues, Maria Helena Juvito, Rayanne Barros, José Eduardo, Rinaldo Mendes, Davi Matheus, Williane Pinheiro, Daniele da Cunha, Andressa Azis, Amanara Freitas, Ailson José Lourenço, Camila Luciana, Maria Raíza, Maíla Nóbrega, Francikelly Carneiro, Arlindo Neto, Palloma Benedita, Jannine Cardoso, e Edvan Oliveira.

E a Uégillys Keyllor, por compartilhar 2018 comigo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Animais buscando a sombra do juazeiro.....	11
Figura 2: Fruto e folhas do juazeiro.....	13
Figura 3: Esquema de secagem em camada de espuma	16
Figura 4: a) Juazeiro e b) Lavagem dos frutos	18
Figura 5: a) Despolpamento e b) Casca, polpa e semente de juá	18
Figura 6: a) Extrato de juá e b) Espuma	19
Figura 7: Sistema utilizado para a avaliação da estabilidade da espuma.	20
Figura 8: Sistema utilizado para a determinação da densidade da espuma.	21
Figura 9: Incorporação de ar (over run).....	22
Figura 10: Espuma obtida sem agente espumante e 4 min de agitação.....	25
Figura 11: Espuma obtida com 50% de casca juá como agente espumante e 4 min de agitação.	25
Figura 12 : Estabilidade da espuma nas condições de $T = 25^{\circ}\text{C}$ e 4 min de agitação.....	28
Figura 13: Estabilidade da espuma nas condições de $T = 25^{\circ}\text{C}$ e 3 min de agitação.....	28
Figura 14: Estabilidade da espuma nas condições de $T = 25^{\circ}\text{C}$ e 2 min de agitação.....	28
Figura 15: : Pó de juá obtido nas condições de 50% de casca de juá como agente espumante e 4 min de agitação após 9 horas de secagem a 70°C	32
Figura 16: Pó de juá obtido nas condições de 2% de entrecasca de juá como agente espumante e 2 min de agitação após 3 horas de secagem a 50°C	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição centesimal, valor energético e atividade de água do juá.....	14
Tabela 2: Teor de minerais do fruto do juazeiro (Ziziphus joazeiro Mart).	14
Tabela 3: Pesagem do Juá.....	23
Tabela 4: Resultados das análises químicas (pH e °Brix) do extrato de juá.....	24
Tabela 5: Resultados de over run da espuma produzida com 4 min de agitação.	26
Tabela 6: Resultados de over run da espuma produzida com 3 min de agitação.	26
Tabela 7: Resultados de over run da espuma produzida com 2 min de agitação.	27
Tabela 8: Densidade e percentual de expansão volumétrica com 4 min de agitação.	30
Tabela 9: Densidade e percentual de expansão volumétrica com 3 min de agitação.	30
Tabela 10: Densidade e percentual de expansão volumétrica com 2 min de agitação.	30

RESUMO

O juá é o fruto do juazeiro. O nome do fruto juá é de origem indígena, mais especificamente do tupi, e vem de “*a-y-ú-á*”, que significa “fruto colhido dos espinhos”. É tipicamente consumido pelo homem sertanejo, e costuma ser utilizado como forragem para rebanhos e animais silvestres. Em maiores estádios de maturação, são doces e ricos em vitamina C, podendo ser utilizados suplemento alimentar, com o intuito de suprir a deficiência de micronutrientes como vitaminas e minerais em outras bases alimentares, ou como farinhas em formulações alimentícias como pães, bolos e biscoitos. Devido sua alta umidade, o fruto do juazeiro demanda o emprego de bons métodos de conservação aplicados em seu processamento. A secagem em camada de espuma é um método simples de remoção de umidade de um material líquido ou semilíquido, esse processo possui baixo custo quando comparado a métodos convencionais industriais, já que utiliza menor tempo de secagem devido ao aumento da área de contato disponível para transferência de calor e massa com o ar aquecido, que acaba facilitando a remoção de umidade. Uma das dificuldades encontradas na secagem em camada de espuma é a estabilidade da espuma durante o processo de secagem, se a espuma não permanecer estável, ocorrerá a desestruturação celular ocasionando em sérios prejuízos para o processo de desidratação. Este trabalho tem como objetivo a definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) do fruto do juazeiro, para obtenção do juá em pó. A utilização desse método para secagem do fruto do juazeiro apresentou bons resultados. Observou-se que todos os parâmetros analisados (tempo de agitação, e concentração de agente espumante) influenciaram diretamente na estabilidade da espuma de juá, onde a concentração de agente espumante foi a variável que mais influenciou na estabilidade da espuma.

Palavras-chaves: estabilidade; frutas do semiárido; suplemento alimentar; desidratação.

ABSTRACT

The juá is the fruit of the juazeiro. The name of the Juá fruit has an indigenous origin, more specifically the Tupi, and comes from "a-y-ú-á", which means "fruit harvested from the thorns". It is typically consumed by the sertanejo men, and it's usually used as fodder for herds and wild animals. At higher stages of maturation, they are sweet and rich in vitamin C and can be used food supplement in order to supply micronutrient deficiencies such as vitamins and minerals in other food bases or as flours in food formulations such as breads, cakes and biscuits. Due to its high humidity, the fruit of the juazeiro requires the use of good conservation methods applied in its processing. Foam drying is a simple method of removing humidity from a liquid or semi-liquid material. This process has a low cost when compared to conventional industrial methods, since it uses less drying time due to the increase of the contact area available for transfer of heat and mass with the heated air, which facilitates the humidity removal. One of the difficulties encountered in the foam layer drying is with the stability of the foam during the drying process, if the foam does not remain stable, the cellular disruption will occur, causing serious damages to the dehydration process. This work aims to define parameters for the foam-mat drying of the juazeiro fruit, to obtain juá powder. The use of this method for drying the fruit of the juazeiro presented good results. It was observed that all analyzed parameters (agitation time and foaming agent concentration) directly influenced juá's foam stability, where the foaming agent concentration was the variable that influenced the most the foam's stability.

Keywords: stability; semi-arid fruits; food supplement; dehydration.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS.....	9
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
3.1 O Semiárido	10
3.1 O Juazeiro	10
3.1.1 Usos populares	11
3.2 O Juá.....	12
3.3 Secagem.....	15
Secagem em camada de espuma.....	16
3.3.1 Estabilidade da espuma.....	16
4. MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1.1 Pesagem	19
4.2 Preparação da Espuma.....	19
4.3.1 Avaliação da estabilidade da espuma	20
4.3.2 Densidade e percentual de expansão.....	20
4.3.3 Incorporação de ar (<i>over run</i>)	22
4.4 Secagem em camada de espuma.....	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Pesagem.....	23
5.2 Caracterização do extrato	23
5.2.1 Determinação da concentração do extrato.....	23
5.2.2 Análise de pH e Sólidos Solúveis Totais (°Brix).....	23
5.3 Caracterização da espuma	24
5.3.1 Determinação do agente espumante	24
5.3.2 Capacidade de incorporação de ar (<i>over run</i>).....	26

5.3.3 Estabilidade da espuma	27
5.3.4 Densidadee percentual de expansão volumétrica	29
5.4 Secagem em camada de espuma.....	31
6. CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

Os frutos nativos brasileiros estão entre os mais saborosos e nutritivos do mundo, entretanto a disponibilidade de muitos deles ainda esta restrita à população local, ou quando aparecem sazonalmente em algumas regiões específicas (SANTOS e JUNIOR, 2012).

O conhecimento do valor nutritivo e do potencial como produto agroindustrial desses frutos assume importância considerável, já que a alimentação adequada aliada com a aplicação de métodos tecnológicos para melhor aproveitamento, valorização e popularização desses insumos como matéria-prima deve ser estimulada (SILVA *et al.*, 2008 apud DINIZ, 2015)

A região semiárida abriga uma variedade extensa de plantas nativas, que são conhecidas principalmente pela vasta gama de utilidades, como efeitos medicinais, alimentação humana e animal, e na geração de trabalho e renda para as famílias.

Dentre elas destaca-se o Juazeiro, uma planta nativa do semiárido brasileiro que está intimamente ligada a cultura do homem sertanejo. É encontrada nos nove estados que formam o Nordeste brasileiro e no norte de Minas Gerais. A depender da localidade, também é conhecida como joazeiro, juá-babão, juá-de-boi, joá-mirim, juá, juareiro, juá-bravo, enjoá, enjuá, juá-espinho, juá-de-espinho, laranjeira-de-vaqueiro, e Ioquiá (CARVALHO, 2007; DIOGENES *et al.*, 2010 apud DANTAS *et al.*, 2014).

É uma planta perenifólia, heliófita, com raízes pivotantes, que viabilizam a obtenção de água do subsolo e permitem que o juazeiro permaneça verde em períodos de longas secas servindo como alimento e sombra fresca para os animais. Floresce durante os meses de novembro e dezembro, e sua frutificação ocorre de junho a julho em regiões semiáridas como as do Ceará, Pernambuco e Paraíba. (DANTAS, 2014; SILVA *et al.*, 2017; LORENZI, 2002; ITF, 2008 apud CAVALCANTI *et al.*, 2011)

O Juá é o fruto do Juazeiro. A polpa possui coloração creme, podendo apresentar até 3 mm de espessura, que envolve um caroço com cerca de 1 cm de diâmetro recoberto por uma mucilagem transparente difícil de separar (CAVALCANTI *et al.*, 2011; DINIZ, 2015).

O fruto do juazeiro ainda é bastante desconhecido para fins comerciais, e apesar do seu potencial econômico, não costuma ser encontrado em feiras e supermercados do mesmo modo que outros frutos nativos do semiárido e da caatinga, sendo apreciados apenas pela população local.

É um alimento tipicamente sertanejo, doce, comestível e com quantidade significativa

de vitamina C, tornando o juazeiro adequado para a incorporação de farinhas mais elaboradas. Tem-se o costume de utilizá-lo como forragem para rebanhos e animais silvestres, e quando maduros são doces, podendo ser empregados como suplemento alimentar. Podem ainda ser processados para a obtenção de farinhas e empregados em formulações alimentícias como pães, bolos e biscoitos. A fortificação de alimentos é um modo de suprir a deficiência de micronutrientes como vitaminas e minerais, adicionando aos alimentos determinados nutrientes com o objetivo de fortificar o alimento nutricionalmente (CAVALCANTI *et al.*, 2011; FEITOZA, 2011 apud ALMEIDA *et al.*, 2017; ZANCUL, 2004).

A falta de conhecimento que os produtores, a indústria e população têm das frutas nativas e seu potencial alimentício e nutricional, sugere que o processamento sustentável da polpa do fruto do juazeiro apresenta-se como uma potencial alternativa para a elaboração de alimentos a ser explorado no Nordeste brasileiro (SILVA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017;).

O fruto do juazeiro apresenta umidade elevada, em torno de 80%, o que demonstra a alta susceptibilidade ao ataque de microorganismos, e demanda o emprego de bons métodos de conservação aplicados em seu processamento (FEITOZA *et al.*, 2016).

A secagem em camada de espuma é um método simples de remoção de umidade de um material líquido ou semilíquido, onde faz-se a adição de um agente espumante ao material para se obter uma espuma estável por meio de batidura e incorporação de ar. A espuma é submetida à secagem com ar aquecido, até que o alimento apresente uma umidade em que seja inviável o crescimento de micro-organismos, reações químicas e enzimáticas (MELO *et al.*, 2013; HARDY e JIDEANI, 2015)

Destaca-se ainda pela fácil reconstituição em água do material transformado em pó, já que o produto final obtido é poroso e facilmente hidratável, além de preservar melhor o sabor e o valor nutricional do alimento, uma vez que possibilita o uso de temperaturas mais brandas de operação (FERNANDES, 2010).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Determinar as melhores condições para a secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) do fruto do juazeiro.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar testes preliminares para determinar as melhores faixas operacionais das variáveis a serem estudadas no planejamento experimental fatorial completo para a secagem em camada de espuma do fruto do juazeiro;
- Produzir e caracterizar a espuma do juá em termos de densidade, expansão, capacidade de incorporação de ar e estabilidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 O Semiárido

O semiárido abrange aproximadamente um milhão de km², cobrindo a maior parcela de território dos estados que compõem o Nordeste Brasileiro. Segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), vivem nessa região aproximadamente 22 milhões de habitantes, isto é, 12% da população brasileira, distribuída em 1.135 municípios (DINIZ, 2015; IBGE, 2010).

Os frutos nativos brasileiros estão entre os mais saborosos e nutritivos do mundo, no entanto a disponibilidade de muitos deles ainda esta restrita à população local, ou à sazonalidade de algumas regiões específicas (SANTOS e JUNIOR, 2012)

A região semiárida abriga um variedade extensa de plantas nativas, que são conhecidas principalmente pela vasta gama de utilidades, como efeitos medicinais, alimentação humana e animal, e na geração de trabalho e renda para as famílias. Dentre elas, destacam-se o umbuzeiro, jenipapeiro, mangabeira, pitombeiro, cajazeira, maracujá da caatinga, cajueiro, juazeiro, e as frutas típicas manga, goiaba, acerola, e banana (COSTA, 2011).

O conhecimento do valor nutritivo e do potencial como produto agroindustrial dessas frutas assume importância considerável, já que a alimentação adequada aliada com a aplicação de métodos tecnológicos para melhor aproveitamento, valorização e popularização desses insumos como matéria-prima deve ser estimulada (SILVA *et al.*, 2008 apud DINIZ, 2015)

3.1 O Juazeiro

O juazeiro é uma planta nativa do semiárido brasileiro que está intimamente ligada a cultura do homem sertanejo. É encontrada nos nove estados que formam o Nordeste brasileiro (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Maranhão) e no norte de Minas Gerais (DIOGENES *et al.*, 2010 apud DANTAS *et al.*, 2014).

É encontrada também em regiões secas da Argentina, Bolívia, Paraguai, e possui a capacidade de ser cultivada em vários outros lugares do mundo desde que se adapte as condições climáticas (MENDES, 1996 apud VASCONCELOS, 2017). A depender da localidade, também é conhecido como joazeiro, juá-babão, juá-de-boi, joá-mirim, juá, juareiro, juá-bravo, enjoá, enjuá, juá-espinho, juá-de-espinho, laranjeira-de-vaqueiro, e Ioquiá

(CARVALHO, 2007).

De acordo com Dantas et al (2014) é uma planta perenifólia, heliófita, com raízes pivotantes, que viabilizam a obtenção de água do subsolo e permitem que o juazeiro permaneça verde em períodos de longas secas servindo como alimento e sombra fresca para os animais (Figura 1). Floresce durante os meses de novembro e dezembro, e sua frutificação ocorre de junho a julho em regiões semiáridas como as do Ceará, Pernambuco, Paraíba e outras (SILVA *et al.*, 2017; LORENZI, 2002; ITF, 2008 apud CAVALCANTI *et al.*, 2011).

Figura 1: Animais buscando a sombra do juazeiro.



Fonte: autor desconhecido.

Seu tronco éereto e ramificado de espinhos com ramos flexuosos podendo atingir até 12 metros de altura, e diâmetro de 50 cm. A casca tem cerca de 14 mm é amarelada internamente, e contém os triterpnóides ácido betulínico e lupeol, alcalóides, cafeína, estearato de glicerina, amfibina-D, e a saponina que confere propriedades detergentes e tensoativas ao juazeiro e popularizaram seu uso como uma alternativa a creme dentais convencionais (ALMEIDA *et al.*, 2017).

3.1.1 Usos populares

Existe o costume de se aproveitar as folhas, cascas, entrecascas, frutos e raízes, que podem sser empregados como febrífugo, bactericida, analgésico, cicatrizantes tópico; calutório para cavidade oral, gengivites, higiene bucal, tônico hepático e cardíaco, adstringente, diurético, tônico capilar para seborreia e alopecia, caspa e para limpeza do couro

cabeludo e dos fios capilares devido as saponinas presentes em várias partes da planta; afecções respiratórias bacterianas superiores, tosse, bronquite. A madeira ainda é utilizada para a obtenção de lenha e carvão (SILVA, 2017; CAVALCANTI *et al.*, 2011; ALMEIDA *et al.*, 2017)

Suas flores desempenham papel fundamental para preservação de abelhas indígenas sem ferrão da tribo Meliponini, onde são utilizadas como fonte alternativa de renda para a comunidades com a produção de mel (NADIA, 2017 apud ALMEIDA, 2017)

Ainda apresenta grande importância econômica e ecológica, sendo utilizado muitas vezes para arborização e ornamentação de ruas e jardins, na produção de cosméticos, e na alimentação animal em períodos de seca (ALVES *et al* 2008 apud SILVA *et al* 2017).

3.2 O Juá

O Juá é o fruto do Juazeiro. O nome do fruto juá é de origem indígena, mais especificamente do tupi, e vem de “*a-y-ú-á*”, que significa “fruto colhido dos espinhos” (CHIARADIA, 2008).

Segundo Diniz (2015), o fruto do juazeiro é uma drupa globosa amarelada com média de comprimento de 17,80 mm e largura de 15,34 mm, diâmetro de 1,19 cm e peso médio de 5,89 g. A polpa possui coloração creme, podendo apresentar até 3 mm de espessura, que envolve um caroço com cerca de 1 cm de diâmetro recoberto por uma mucilagem transparente difícil de separar (Figura 2).

Ainda segundo Diniz (2015), os frutos do juazeiro são utilizados como forragem para rebanhos e animais silvestres, e quando maduros são doces e ricos em vitamina C, podendo ser utilizados como aditivo ou suplemento alimentar. Podem ainda ser processados para a obtenção de farinha e empregados em formulações alimentícias como pães, bolos e biscoitos (CAVALCANTI *et al.*, 2011).

De acordo com SILVA *et.al* (2017) o processamento sustentável da polpa do fruto do juazeiro apresenta-se como uma potencial alternativa para a elaboração de alimentos a ser explorado no Nordeste brasileiro.

Figura 2: Fruto e folhas do juazeiro



Fonte: Focado em você

3.2.1 Caracterização Físico-Química do Juá

Sabe-se que os alimentos são de fundamental importância na manutenção da vida humana, já que estes se apresentam como principais fontes dos nutrientes, e elementos calóricos vitais para o desenvolvimento e funcionamento pleno do organismo. Logo, o conhecimento sobre as propriedades e caracterização físico-química de matérias-primas é de grande importância na elaboração de um novo produto (AMORIN; SOUZA e SOUZA, 2012 apud ALMEIDA, 2017).

A fortificação de alimentos é um modo de suprir a deficiência de micronutrientes como vitaminas e minerais, adicionando aos alimentos determinados nutrientes com o objetivo de fortificar o alimento nutricionalmente. As vitaminas e os minerais são essenciais para a saúde, e podem ser incorporadas nos alimentos na forma de éster de retinil (palmitato ou acetato), em produtos que contém gorduras, como o leite integral e seus derivados, recheios de biscoitos, formulações para achocolatos e entre outros. (ZANCUL, 2004; FOOD INGREDIENTS BRASIL, 2014; ALMEIDA, 2017).

O fruto do juazeiro é um alimento tipicamente sertanejo, doce, comestível e com quantidade significativa de vitamina C, tornando o juazeiro adequado para a incorporação de farinhas mais elaboradas (FEITOZA, 2011 apud ALMEIDA, 2017).

Silva *et al* (2016) afirma ainda que os frutos do juazeiro apresentam rendimento elevado de massa comestível em estádios de alta maturação, variando de 71,86% a 80,16%, possibilitando o aproveitamento dessa matéria prima para a industrialização de polpas, sucos,

e doces levando em consideração seu alto rendimento. Na Tabela 1 é mostrada a caracterização do fruto (casca e polpa) in natura do juazeiro.

Tabela 1: Composição centesimal, valor energético e atividade de água do juá.

Componentes	Média ± DP
Umidade (b.u) (%)	71,47 ± 0,11
Cinzas (%)	1,13 ± 0,02
Proteínas (%)	2,13 ± 0,02
Lipídios (%)	1,15 ± 0,02
Carboidratos (%)	24,12 ± 0,07
Vl. Energético (Kcal/100)	115,37 ± 0,62
Atividade de água (A _w)	0,940 ± 0,00

Fonte: Diniz, 2015

Avaliando-se a composição química do juá, é possível observar que os carboidratos e a umidade correspondem as maiores frações, enquanto que os lipídios, cinzas e proteínas as menores, indicando um perfil nutricional característico da grande maioria das frutas extrativas ou cultivadas. Para o teor de carboidratos, este valor (24,12%), foi superior ao observado do teor de açaí (6,2%), acerola (8,0%), azeitona verde (4,1%), caju (10,3%), umbu (9,4%), goiaba (13,0%), jamelão (10,6%), e gruximimama (4,2%) (UNICAMP, 2011 apud SILVA *et al* 2017; AGUIR *et al.*, 2010; FREGONESI *et al.*, 2007; REOLON *et al.*, 2009 apud DINIZ, 2015).

Levando em consideração as cinzas do fruto do juazeiro, SILVA *et al* (2017) foi capaz de determinar a composição mineral por meio do sistema de espectrometria de emissão ótica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP-OES/Thermo Analítica) na parte comestível do fruto (polpa e casca). Os resultados estão mostrados na Tabela 2.

Tabela 2: Teor de minerais do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart).

Mineral	mg 100g⁻¹	Dp
Cálcio	18,921	1,256
Cobalto	0,000	0,000
Cobre	0,007	0,001

Cromo	0,002	0,000
Ferro	0,043	0,000
Magnésio	16,911	1,008
Manganês	0,032	0,001
Molibdênio	0,002	0,000
Niquel	0,003	0,000
Potássio	165,289	13,941
Selênio	0,006	0,000
Sódio	6,939	0,452
Zinco	0,147	0,002

Fonte: SILVA et.al, 2017.

3.3 Secagem

Secagem é a operação unitária por meio da qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material, sob condições controladas de temperatura, umidade e corrente de ar. Envolve simultaneamente os fenômenos de transferência de calor e massa, por meio dos mecanismos combinados de difusão, capilaridade e convecção. Independente do sistema, a secagem é baseada na propriedade pela qual o aumento da temperatura do ar diminui sua umidade, tornando-o apto para absorver a umidade disponível em outros corpos (CELESTINO, 2010; FERNANDES, 2010; MACCABE e HARRIOT, 2012).

É um processo tradicionalmente usado na conservação de alimentos, no qual diminui a disponibilidade de água (atividade de água) para reações de deterioração, aumenta a estabilidade e reduz o volume de massa. A principal consequência disso é a redução dos custos de transporte e armazenamento, e a do teor de umidade do material, aumentando seu tempo de vida útil nas prateleiras dos supermercados (MELO *et al.*, 2013).

Atualmente estão disponíveis diversas técnicas, métodos e equipamentos de secagem que podem ser usadas na desidratação de alimentos, como a secagem com ar quente, secagem por contato direto com uma superfície quente, secagem por radiação e liofilização, osmótica, solar, aspersão, por meio de secadores rotativos, atmosféricos ou a vácuo, com circulação forçada, microondas, operação contínua, descontínua ou batelada (EVANGELISTA, 1994 apud FERNANDES, 2010; DANTAS, 2010).

Secagem em camada de espuma

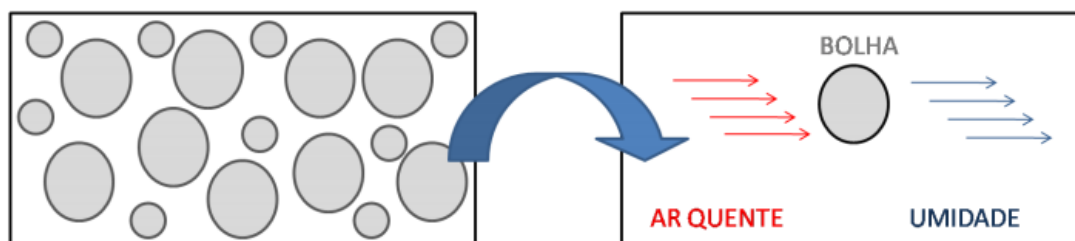
Secagem em camada de espuma é um método simples de remoção de umidade de um material líquido ou semilíquido, onde faz-se a adição de um agente espumante ao material para se obter uma espuma estável por meio de batadura e incorporação de ar. A espuma é submetida à secagem com ar aquecido, até uma umidade adequada, em que seja inviável o crescimento de micro-organismos, reações químicas e enzimáticas (MELO *et al.*, 2013; HARDY e JIDEANI, 2015)

Esse processo possui baixo custo quando comparado a métodos convencionais industriais, já que utiliza menor tempo de secagem devido ao aumento da área de contato disponível para transferência de calor e massa com o ar aquecido, que acaba facilitando a remoção de umidade.(ARAÚJO *et al.*, 2016; DANTAS, 2010)

Destaca-se ainda pela fácil reconstituição em água do material transformado em pó, já que o produto final obtido é poroso e facilmente hidratável, além de preservar melhor o sabor e o valor nutricional do alimento, uma vez que possibilita o uso de temperaturas mais brandas de operação (FERNANDES, 2010).

O mecanismo de secagem em camada de espuma envolve basicamente dois momentos: a formação de uma espuma estável, e a exposição dessa espuma a uma corrente de ar, que a seca facilmente devido ao movimento da umidade pelas forças capilares, por meio da película líquida que separa as bolhas da espuma (DANTAS, 2010). Na Figura 3 é apresentado um esquema simplificado para esse mecanismo.

Figura 3: Esquema de secagem em camada de espuma



Fonte: Vasconcelos, 2017

3.3.1 Estabilidade da espuma

Uma das dificuldades encontradas na secagem em camada de espuma é a estabilidade da espuma durante o processo de secagem. Se a espuma não permanecer estável, ocorrerá a

desestruturação celular ocasionando em sérios prejuízos para o processo de desidratação (KARIM e WAI, 1999).

Espumas são termodinamicamente instáveis devido a alta energia interfacial que possuem. Tal instabilidade pode ser classificada de duas formas: espumas instáveis ou transientes de curto tempo de vida, e espumas metaestáveis ou espumas permanentes com tempos de vida de horas ou dias (HARDY *et al.*, 2015).

Ainda segundo Hardy et al (2015), uma espuma pode colapsar pela coalescência das bolhas, isto é, quando uma ou uma combinação de bolhas se fundem para formar uma bolha maior. Esse processo ocorre em três etapas: uma bolha se aproxima da outra para formar um filme fino, em seguida este filme é drenado e colapsado. Normalmente as espumas são obtidas pelo incremento ou não de agentes tensoativos e espumantes ao líquido do suco ou polpa, sob agitação em equipamentos adequados (DANTAS, 2010).

Algumas variáveis podem afetar diretamente na estabilidade da espuma, como a natureza química da fruta, o teor de sólidos solúveis, tipo e concentração de agente espumante, tempo de batimento, tamanho das gotículas das emulsões (pequenas geram maior estabilidade), e a viscosidade newntoniana. Existem duas características do líquido que estão envolvidas na estabilidade física da espuma: a consistência e a capacidade de formar filme. Espumas que suportam pelo menos uma hora sem coalescer a temperatura ambiente são consideradas mecanicamente estáveis. (HART *et al.*, 1963 apud KARIM *et al.*, 1999; VASCONCELOS, 2017).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os testes foram realizados no Laboratório de Termodinâmica do Departamento de Engenharia Química do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba (DEQ/UFPB).

4.1 Matéria-prima

A coleta do material deu-se de forma manual. Todos os frutos utilizados no trabalho foram colhidos diretamente da grama sobo Juazeiro localizado no Campus I da UFPB (Figura 4a). Já no laboratório, foi realizada uma seleção cuidadosa de frutos maduros, sadios, e de bom aspecto visual. Os frutos foram dispostos numa forma de alumínio, e lavados com água corrente e detergente neutro duas vezes, afim de eliminar quaisquer resquícios de areia ou impurezas presentes (Figura 4b). Posteriormente, a polpa foi separada da casca e da semente utilizando uma faca de aço inoxidável, como ilustrado nas Figuras 5a e 5b. Após esse processo, o material foi colocado em sacos herméticos e acondicionados no congelador.

Figura 4: a) Juazeiro



Fonte: Autor

b) Lavagem dos frutos



Fonte: Autor

Figura 5: a) Despulpamento



Fonte: Autor

b) Casca, polpa e semente de juá



Fonte: Autor

4.1.1 Pesagem

Com o objetivo de caracterizar o material, e avaliar a contribuição dos componentes que formam o fruto (casca, polpa e semente) para a massa total, e assim determinar a proporção ideal de casca e polpa de juá, foram selecionados 30 frutos sadios e maduros, e realizada uma pesagem individual em balança analítica do fruto, da casca, da polpa e da semente a temperatura ambiente.

4.2 Preparação da Espuma

Para a obtenção de uma espuma estável e adequada para a secagem em camada de espuma, foram elaboradas formulações com diferentes proporções de entrecasca de juá como agente espumante (2%, 3% e 5%) e tempos de agitação distintos (2, 3 e 4 min). Primeiramente, o material foi descongelado e logo após uma massa fixa de polpa de juá integral (100g) e casca de juá (100g) foi pesada em uma balança analítica a temperatura ambiente. Ao material foram adicionados 300 mL de água destilada, e levado a um liquidificador industrial durante 1 min para a obtenção de um extrato homogêneo (Figura 6a). Após realizadas as análises de pH e sólidos solúveis totais, foram adicionadas diferentes concentrações de entrecasca do juá ao suco, que por sua vez, foi levado a uma batedeira planetária doméstica ARNO na velocidade máxima. A espuma obtida (Figura 6b) foi submetida a avaliação de estabilidade e determinação de densidade.

Figura 6: a) Extrato de juá



Fonte: Autor

b) Espuma



Fonte: Autor

4.3 Caracterização da espuma

Após a obtenção da espuma, foram sucedidas as avaliações de estabilidade, densidade, e incorporação de ar (*over run*). A metodologia empregada nessas avaliações encontra-se descrita nos tópicos que se seguem.

4.3.1 Avaliação da estabilidade da espuma

A avaliação da estabilidade da espuma foi feita para cada concentração de agente espumante nos diferentes tempos de agitação. O sistema consistia em uma proveta de 25 mL com um funil de plástico acoplado e um filtro de nylon (Figura 7). Ao sistema, adicionou-se aproximadamente 100 g da espuma e o volume de líquido drenado foi medido a temperatura ambiente em intervalos de 10 min durante um total de 1 hora. O método é baseado no fato de que a estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume do líquido drenado na proveta.

Figura 7: Sistema utilizado para a avaliação da estabilidade da espuma.



Fonte: Autor

4.3.2 Densidade e percentual de expansão

A massa específica foi determinada pela relação entre a massa de espuma e o volume ocupado pela espuma em uma proveta de 100 mL a temperatura ambiente (Figura 8). O valor da densidade é obtido pela Equação 1:

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

onde:

ρ = densidade ($\frac{g}{mL}$)

m = massa (g)

V = volume (mL)

Com os valores de densidades, foi possível calcular o percentual de expansão das espumas a partir da equação 2:

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

onde: ρ_{espuma} : massa específica da espuma ($\frac{g}{mL}$)

ρ_{polpa} : massa específica da polpa ($\frac{g}{mL}$)

Figura 8: Sistema utilizado para a determinação da densidade da espuma.



Fonte: Autor

4.3.3 Incorporação de ar (*over run*)

Para a determinação da incorporação de ar foi medido um volume de 150 mL de suco em um béquer antes e depois deste ir à batedeira para a obtenção da espuma (Figura 9). O volume de ar incorporado em uma solução está diretamente relacionado com a capacidade de incorporação de ar (*over run*). A percentagem de ar incorporado foi calculada pela Equação 3.

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

onde:

V_{espuma} : volume da espuma (mL)

$V_{amostra}$: volume de suco (mL)

Figura 9: Incorporação de ar (*over run*).



Fonte: Autor

4.4 Secagem em camada de espuma

Para se verificar a viabilidade da secagem em camada de espuma para a o juá, definir a temperatura de secagem a ser empregada em trabalhos futuros, e observar o aspecto do produto final, as espumas obtidas nas condições de 2% de entrecasca de juá e 2 min de batimento, 50% de casca de juá e 4 min de batimento, foram dispostas em placas de aço inoxidável, ajustadas para espessura de 0,5 cm e colocadas em estufa com circulação de ar forçado. O material obtido foi raspado com espátula e acondicionado em sacos herméticos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Pesagem

Os resultados de pesagem são apresentados na Tabela 3. Pode-se observar que o fruto do juazeiro apresenta um bom rendimento de polpa.

Tabela 3: Pesagem do Juá

%Polpa ± DP	%Casca ± DP	%Semente ± DP
48,6241 ± 10,77	23,73 ± 5,26	25,53 ± 6,51

Fonte: Autor

5.2 Caracterização do extrato

5.2.1 Determinação da concentração do extrato

Foi observado ao longo dos testes que um tempo de 1 min para a trituração total da massa de juá no liquidificador era suficiente. Foi fixado também a massa de juá de 100 g de polpa e 100 g de casca, assim como a quantidade ideal de água de 300 mL para obter-se um extrato homogêneo, além de se preservar as limitações do liquidificador. O extrato obtido era denso, e de coloração marrom escuro.

5.2.2 Análise de pH e Sólidos Solúveis Totais (°Brix)

O extrato de juá foi centrifugado, e o teor de sólidos solúveis totais no extrato foi determinado em refratômetro digital com compensação automática de temperatura. O pH foi determinado utilizando-se um potenciômetro digital de bancada previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4,0 e 7,0. Os resultados das análises estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Resultados das análises químicas (pH e °Brix) do extrato de juá

Propriedades Químicas	Extrato de juá± DP
pH	5,58 ± 0,22
Sólidos Solúveis Totais (BRIX)	2,58 ± 1,26

Fonte: Autor

O teor de sólidos solúveis de frutos depende principalmente de fatores como as condições de cultivo, disponibilidade hídrica e de nutrientes do solo, e quanto maior for o seu valor, maior é o rendimento no processo de concentração da polpa. O extrato de juá apresentou índices poucos elevados de °Brix, o que vai de encontro com os resultados obtidos nos estudos com polpa de juá por Silva et al. (2016) que variaram de 22,4 a 35,5 °Brix, e Araújo et al. (2015) que obteve um valor médio de 23,09 °Brix. Por sua vez, em seu estudo com a casca de juá, Almeida et al. (2017), obteve um teor de sólidos solúveis de 1,00 °Brix, o que pode indicar a influência da casca na análise desse parâmetro, além da diluição realizada antes da análise.

Verificou-se também um valor médio de pH de 5,58, que segundo Silva (2014) durante seus estudos de conservação do juá por fermentação láctica que o fruto *in natura* observou um valor médio de 5,30. O pH é um fator importante para a conservação dos alimentos, já que em parte, determina condições que favorecem ou não a proliferação de determinados tipos de microrganismos.

A RDC 12/2001 da ANVISA, divide os alimentos em dois grupos, os alimentos com baixa acidez (pH maior que 4,5) e alimentos com alta acidez (pH menor ou igual a 4,5), na grande maioria dos casos o juá pode ser classificado como alimento de baixa acidez, contudo, as bactérias acéticas têm pH ótimo entre 5,4 e 6,3 e as lácticas, entre 5,5 e 6,0, o que em parte pode explicar a alta perecibilidade do fruto do juazeiro. O valor obtido ainda foi semelhante ao de Cavalcanti *et al.*, (2014) de 4,78 na análise da farinha do fruto do juazeiro, e Oliveira *et al.*, (2009) de 5,37 a 6,81 e Silva *et al.*, (2016) de 5,67 a 6,45.

5.3 Caracterização da espuma

5.3.1 Determinação do agente espumante

A partir de testes preliminares feitos com o extrato de polpa de juá, pode-se observar

que este não é capaz de produzir uma espuma estável para a secagem em camada de espuma, e fez-se necessário a adição de um agente espumante. A espuma obtida é apresentada na Figura 10. Algumas matrizes alimentares não necessitam da adição de tais agentes para a formação da espuma, mas isso se deve a composição específica de cada alimento (FRANCO, 2015). Durante a secagem da clara de ovos de capoeira e de granja por Pereira *et al.*, (2017), não houve a necessidade de adição de qualquer agente devido a composição rica em proteína desse alimento.

Figura 10: Espuma obtida sem agente espumante e 4 min de agitação.



Fonte: Autor

Com a intenção de preservar a pureza do pó final, e levando em consideração que o juá é comumente consumido em sua forma integral (polpa e casca), o primeiro teste consistiu na adição da própria casca do fruto do juazeiro na concentração de 50% como possível agente espumante. Observou-se que, apesar da casca de juá apresentar teores de saponina em sua composição, não foi possível obter uma espuma estável. A espuma obtida está apresentada na Figura 11.

Figura 11: Espuma obtida com 50% de casca juá como agente espumante e 4 min de agitação.



Fonte: Autor

Sendo assim, baseado em estudos anteriores de Vasconcelos (2017), conduziu-se experimentos com 2 aditivos: a entrecasca do juá e o Portogel®, ambos em concentração de 5% e tempo de agitação de 4 min. Fazendo uma avaliação qualitativa das espumas formadas pelos dois aditivos, com mesmo teor de espumante no suco e mesmo tempo de agitação, observou-se pouca diferença no que se refere a capacidade de incorporação de ar pelos mesmos, no qual ambos foram capazes de produzir espumas estáveis para o processo de secagem em camada de espuma. Logo, como forma de manter a pureza do pó final, decidiu-se usar a entrecasca do juá como agente espumante.

5.3.2 Capacidade de incorporação de ar (*over run*)

Nas Tabelas a seguir são apresentados os resultados obtidos para a análise de incorporação de ar para as diferentes concentrações de agente espumante e tempos de agitação.

Tabela 5: Resultados de over run da espuma produzida com 4 min de agitação.

Condições	Volume inicial (mL)	Volume final (mL)	Over run (%)
C =2%; tag=4min	150	400	167
C =3%; tag=4min	150	750	400
C =5%; tag=4min	150	900	500

Fonte: Autor.

Tabela 6: Resultados de over run da espuma produzida com 3 min de agitação.

Condições	Volume inicial (mL)	Volume final (mL)	Over run (%)
C = 2%; tag= 3 min	150	550	267
C = 3%; tag= 3 min	150	600	300
C = 5%; tag= 3 min	150	700	367

Fonte: Autor

Tabela 7: Resultados de over run da espuma produzida com 2 min de agitação.

Condições	Volume inicial (mL)	Volume final (mL)	Over run (%)
C = 2%; tag= 2 min	150	500	167
C = 3%; tag= 2 min	150	450	200
C = 5%; tag= 2 min	150	400	233

Fonte: Autor

A partir dos valores obtidos de *over run* pode-se observar que a medida que a quantidade de agente espumante e o tempo de agitação aumentam, a capacidade de incorporação de ar aumenta de forma proporcional. Observou-se também, que o maior valor de *over run* foi para o ensaio com a maior concentração de agente espumante e tempo de agitação, 5% e 4 min respectivamente, e o menos favorável foi aquele com a menor concentração e menor tempo de agitação, 2 min e 2%, respectivamente, corroborando com a afirmação anterior.

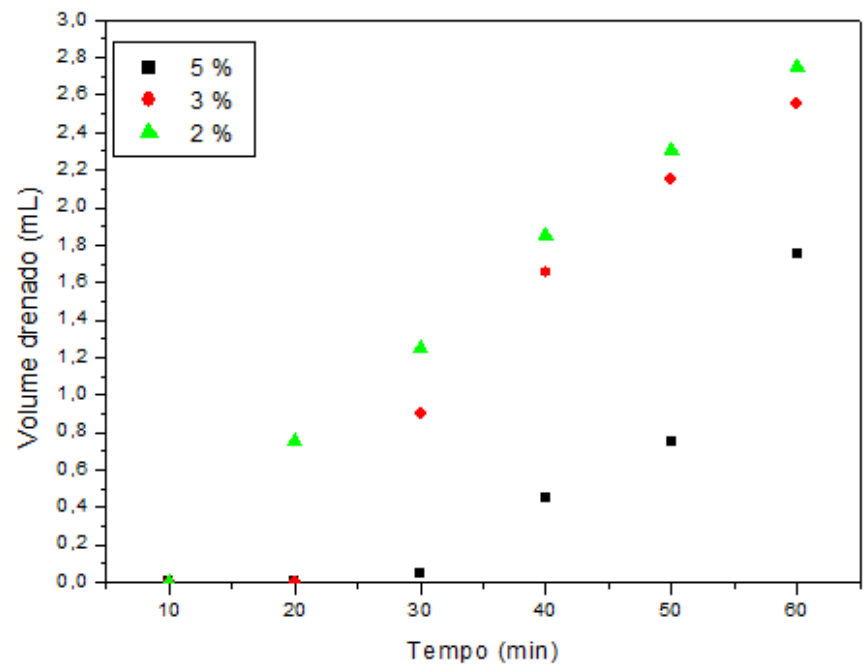
Lima (2017) em seu estudo da folha de menta, pelo método de secagem em camada de espuma, observou um comportamento semelhante, no qual tempos de batimento e uma maior concentração de espumante, 7 min e 7% respectivamente, apresentaram melhores resultados para a incorporação de ar do que as condições mínimas de 3% e 3 min.

5.3.3 Estabilidade da espuma

As espumas são sistemas termodinamicamente instáveis, portanto, além da capacidade de incorporação de ar é importante avaliar sua estabilidade, isto é, sua habilidade em resistir à perda de bolhas de ar (LAU e DICKINSON, 2004 apud CRUZ, 2013). A formação de uma espuma estável e pouco densa é fundamental para uma maior eficiência no processo de desidratação (CARNEIRO, 2008 apud FERNANDES, 2010).

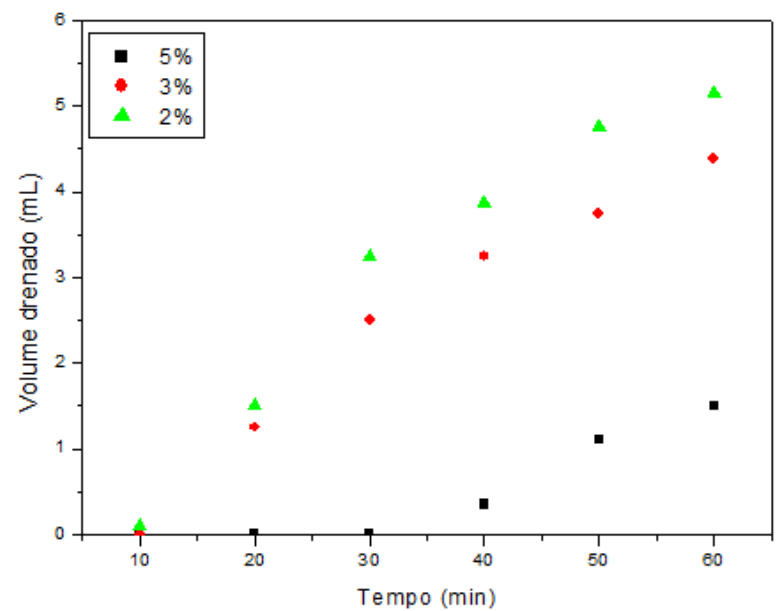
A cinética de estabilidade da espuma na temperatura ambiente fornece dados importantes acerca do intervalo de tempo entre a preparação da espuma e o início da secagem (GURGEL, 2014). O estudo da estabilidade da espuma envolveu a avaliação das espumas produzidas a partir das formulações de diferentes proporções de entrecasca de juá como agente espumante (2%, 3% e 5%) em tempos de agitação distintos (2, 3 e 4 min). Nas Figuras 12, 13 e 14 estão as representações gráficas dos volumes coletados (mL) em função do tempo de batimento (min) para diferentes concentrações de espumante (%).

Figura 12 : Estabilidade da espuma nas condições de T = 25°C e 4 min de agitação



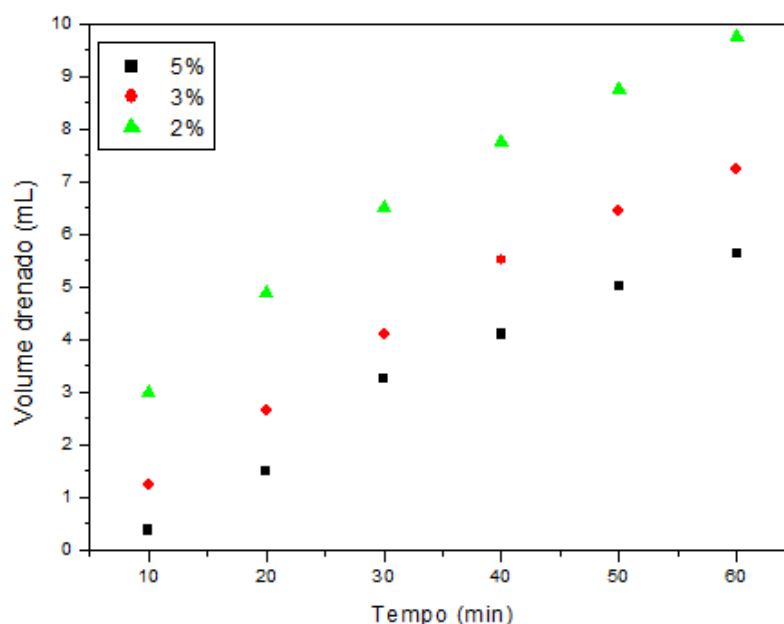
Fonte: Autor

Figura 13: Estabilidade da espuma nas condições de T = 25°C e 3 min de agitação.



Fonte: Autor

Figura 14: Estabilidade da espuma nas condições de T = 25°C e 2 min de agitação.



Fonte: Autor

Pode-se observar que a estabilidade da espuma aumenta, a medida que aumenta-se a concentração de agente espumante e o tempo de agitação. Verificou-se também, que o ensaio de menor concentração de agente espumante e tempo de batimento, 2% e 2 min respectivamente, apresentou o pior desempenho tendo uma média de 9,75 mL de líquido drenado após 1 hora de experimento. Os ensaios que apresentaram os melhores resultados, foram aqueles de maior concentração de agente espumante e tempo de batimento, 5% e 4 min e 5% e 3 min respectivamente, após 1 hora de experimento. Isso deve-se ao fato de que o agente espumante em maior concentração foi capaz de formar espumas com maior índice de estabilidade.

No processo de secagem por camada de espuma, a obtenção de uma espuma com estrutura estável é fundamental para que ocorra uma secagem mais rápida e uma fácil remoção do material seco da bandeja. Se a espuma se desestabiliza durante o processo ou libera líquido em grande quantidade, o tempo de secagem aumenta elevando os custos do processo, além de reduzir a qualidade do produto final (KARIM & WAI, 1999 apud FRANCO, 2015).

5.3.4 Densidade e percentual de expansão volumétrica

A densidade e o percentual de expansão da espuma de juá foram obtidos para diferentes valores de concentração de agente espumante e tempo de agitação. Os resultados

podem ser observados nas tabelas a seguir.

Tabela 8: Densidade e percentual de expansão volumétrica com 4 min de agitação.

Condições	Volume (mL)	Densidade± DP (g/mL)	Expansão (%)
C = 2%; tag= 4 min	100	0,2108 ± 0,008	292
C = 3%; tag= 4 min	100	0,2052 ± 0,001	295
C = 5%; tag= 4 min	100	0,1320 ± 0,002	467

Fonte: Autor

Tabela 9: Densidade e percentual de expansão volumétrica com 3 min de agitação.

Condições	Volume (mL)	Densidade± DP (g/mL)	Expansão (%)
C = 2%; tag= 3 min	100	0,1614 ± 0,007	407
C = 3%; tag= 3 min	100	0,1532 ± 0,004	378
C = 5%; tag= 3 min	100	0,1249 ± 0,006	445

Fonte: Autor

Tabela 10: Densidade e percentual de expansão volumétrica com 2 min de agitação.

Condições	Volume (mL)	Densidade± DP (g/mL)	Expansão (%)
C = 2%; tag= 2 min	100	0,2332 ± 0,024	260
C = 3%; tag= 2 min	100	0,2275 ± 0,009	200
C = 5%; tag= 2 min	100	0,2334 ± 0,012	185

Fonte: Autor

A densidade das espumas é uma propriedade essencial para ser avaliada, já que esta exerce uma considerável influência na estabilidade, bem como na eficiência do processo de secagem. Espumas de menor densidade apresentam uma maior estabilidade e facilitam a remoção de umidade durante o processo de secagem (KUDRA e RATTI, 2008 apud FRANCO, 2015). Pode-se observar que para todos os ensaios, o agente espumante exerceu redução na densidade das espumas em todas as concentrações e tempos de batimento, exceto na última condição. As densidades das espumas de suco de juá variaram de 0,1249 g.mL⁻¹ (5% de espumante e 3 min de agitação) a 0,2334 g.mL⁻¹ (5% de agente espumante e 2 min de

agitação).

A redução na densidade da espuma pode ser explicada devido à incorporação de ar durante a etapa de agitação, já que a alta velocidade de agitação promove aumento na taxa de cisalhamento, que favorece a divisão de bolhas e tem como consequência maior o aumento na incorporação da quantidade de gás à mistura, e na diminuição da densidade da espuma de juá (FERREIRA, 2017).

Os resultados obtidos estão dentro da faixa de densidade ótima para secagem em camada de espuma, que varia de 0,2 a 0,6 g.mL⁻¹, pois aquelas com menor densidade permanecem estáveis por uma maior período de tempo, reduzindo assim o tempo de secagem (FRANCO, 2015). Durante estudo com espumas de jabuticaba destinadas a secagem em camada de espuma, Ferreira (2017) obteve valores de densidade de 0,88, 0,70 e 0,43 g.mL⁻¹ com concentrações de de goma guar entre 0,00, 0,25 e 0,50% respectivamente, após 5 minutos de agitação.

A maior expansão da espuma foi observada no ensaio com concentração de espumante em 5% e 4 min de batimento. Foi observado também que em todos os ensaios, o percentual de expansão volumétrica ultrapassou o valor de 100%, que segundo Dantas (2010), é o ideal para o processo de secagem em camada de espuma. A menor densidade das espumas indica que houve maior incorporação e retenção de ar, o que ocasionou maior expansão da espuma. Cruz (2013) durante seus estudos com polpa de goaiba, para secagem em camada de espuma, obteve valores de expansão maiores que 100% com o aumento de concentração de emulsificante.

5.4 Secagem em camada de espuma

O material obtido em ambos os experimentos de secagem foi um pó próximo a cor do juá, compacto e sem odor forte característico. O pó final produzido nas duas condições citadas estão apresentados nas Figuras 15 e 16.

Figura 15: : Pó de juá obtido nas condições de 50% de casca de juá como agente espumante e 4 min de agitação após 9 horas de secagem a 70°C



Fonte: Autor.

Figura 16: Pó de juá obtido nas condições de 2% de entrecasca de juá como agente espumante e 2 min de agitação após 3 horas de secagem a 50°C



Fonte: Autor

6. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o método de secagem em camada de espuma pode ser empregado para a obtenção do pó do fruto do juazeiro, apresentando resultados satisfatórios em relação ao aspecto do pó final, e a caracterização física das espumas de acordo com a metodologia, e em comparação a dados da literatura. Mostra-se também como alternativa promissora para agregar valor econômico a um produto bastante comum nas regiões sertanejas. .

Observou-se também que a melhor condição de secagem foi a que continha 5% de entrecasca de juá como agente espumante e 4 min de agitação, apresentando os melhores valores de estabilidade da espuma, menor densidade e maior expansão volumétrica e de incorporação de ar.

As condições que continham 2% de agente espumante apresentaram um desempenho inferior, indicando que para trabalhos futuros o recomendado seria manter uma faixa de agente espumante entre 3% a 5% e um tempo de batimento de 3 min a 5 min.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. V. M; GOMES, S. A. S; SILVA, J. R; VIEIRA, J. S; SILVA, S. P. Caracterização Físico-Química da casca do juazeiro para produção de farinhas com fins de complemento alimentar. **III Congresso Internacional de Ciências Agrárias**, 2017, Natal: Anais Eletrônicos de Comunicação Oral, Natal, 2017.
- ARAÚJO, B. A; SILVA, M. C. B; MOREIRA, F. J. C; SILVA, K. F; TAVARES, M. K. N. Caracterização biométrica de frutos e sementes, química e rendimento de polpa de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). **Agropecuária Científica no Semiárido**, Patos, PB, v. 11, n. 2, p. 15-21, 2015.
- ARAÚJO, C. S; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; SARAÍVA, S. H.; OLIVEIRA, A. N.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, SP, v. 20, p. 1-9, 2017.
- CARVALHO, P. E. R. Juazeiro *ziziphus joazeiro*, 5p. Circular Técnica, **Embrapa**, 2007.
- CAVALCANTI, M. T.; SILVEIRA D. C.; FLORÊNCIO I. M.; FEITOSA V. A.; ELLER S. C. W. de S. Obtenção da farinha do fruto de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) e caracterização físico-química. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, p. 220-224, 2011.
- CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. **Planaltina: Embrapa Cerrados**, 2010
- CHIARARDIA, C. **Dicionário de Palavras Brasileiras de Origem Indígena**. 1 ed. São Paulo-SP, Limiar, 2008.
- COSTA, P. T. **Frutas da Caatinga: Gerando Sustentabilidade em Áreas Recaatingadas no Semiárido**. 1. ed. Juazeiro-BA, Editora e Gráfica Franciscana, 2011.
- CRUZ, W. F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de**

secagem em camada de espuma. Dissertação de mestrado, 78p. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2013.

DANTAS, F. C. P; TAVARES, M. L. R; TARGINO, M. S; COSTA, A. P; DANTAS, F. O. *Ziziphus joazeiro* Mart. – Rhamnaceae: características biogeoquímicas e importância no Bioma da Caatinga. **Revista Principia**, João Pessoa, PB, v. 25, p. 51-57, dez. 2014.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat.** Tese de doutorado, 100p. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal,, RN, 2010.

DINIZ, V. M. **Processamento do Fruto do Juazeiro para Obtenção da Farinha e do Óleo.** Tese de Doutorado, 83p. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2015.

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

http://www.editorarealize.com.br/revistas/conidis/trabalhos/TRABALHO_EV064_MD1_SA6_ID1127_24102016234451.pdf. Acesso em: 11 out. 2018.

FERNANDES, T. K. S. **Secagem em camada de espuma da polpa de cajá.** Dissertação de mestrado, 170p. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB, 2010.

FERREIRA, M. N. **Estudo da secagem de jabuticaba (polpa e casca) pelo método de camada de espuma.** Dissertação de mestrado, 108p. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2017.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Enriquecimento de alimentos com ferro.** Disponível em:http://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060306330001464891072.pdf. Acesso em: 11 out. 2018.

FRANCO, T. S. **Desidratação de suco de yacon pelo método de camada de espuma,** 190p. Tesse de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2015.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma – desempenho do processo e características do produto**, 80p. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2014.

HARDY, A; JIDEANI, V. A. Foam-mat Drying Technology: **A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, London, UK, v. 57, n. 12, p. 2560-2572, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010: resultados preliminares do Universo**, Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default_resultados_universo.shtml Acesso em: 02 out. 2018

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, Malasia, p. 337-343, 1998.

LIMA, A. C. F. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) das folhas de hortelã-da-folha-miuda (*Mentha crispa*)**. Trabalho de conclusão de curso, 47p. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2017.

MACCABE, S; HARRIOT. **Unit Operations of Chemical Engineering**, 2012.

MELO, K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F; QUEIROZ, A. J. M.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, abr.-jun., 2013.

OLIVEIRA, A. K; DIÓGENES, F. E. P; COELHO, M. F. B; MAIA, S. S. S. Alelopatia em extratos de frutos de juazeiro. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 11

PEREIRA, T. S; PINHEIRO, W. S; NEGREIROS, J. K. S; SOUSA, C. C; CAVALCANTE, J. A. Caracterização de claro de ovo e do seu pó obtido por secagem em camada de espuma (foam-mat drying). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p 167-175, 2017.

SANTOS, T. C.; JÚNIOR, J. E. N. Frutos da Caatinga de Sergipe utilizados na alimentação humana. **Scientia Plena**, v. 8, p. 2-7, 2012.

SILVA, J. B. S; MOURA, M. F. V; SILVA, C. R. T; ARAÚJO, N. G; BARBOSA, I. M. Caracterização Físico-Química e Composição Centesimal e Mineral do Fruto do Juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, GO, v. 14, n. 25, p. 290-298, 2017.

SILVA, J. B; **Caracterização físico-química do fruto do juazeiro (*ziziphus joazeiro* mart) e avaliação da sua conservação por fermentação láctica**, 95p. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2014.

SILVA, J. L.; COSTA, F. B; NASCIMENTO, A. M.; COSTA, R. R. V; SANTIAGO, M. M. Avaliação física e físico-química de frutos de juazeiro (*ziziphus joazeiro* mart.) em diferentes estádios de maturação. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, PB, v. 11, n. 15, p. 177-186, 2017.

VASCONCELOS, L. F. S. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam-mat drying) do juazeiro (*ziziphus joazeiro*)**. Trabalho de Conclusão de Curso, 38p. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, 2017.

ZANCUL, M. S. Fortificação de alimentos com ferro e vitamina A. **Medicina**, Ribeirão Preto, SP, v. 37, p. 45-50, 2004.