

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

IASMYN IRENNY DE SOUZA COSTA

**SECAGEM DA POLPA DO FRUTO DO CACAUEIRO EM CAMADA DE ESPUMA
(*FOAM-MAT DRYING*). PARTE 1**

JOÃO PESSOA – PB

2019

IASMYN IRENNY DE SOUZA COSTA

**SECAGEM DA POLPA DO FRUTO DO CACAUEIRO EM CAMADA DE ESPUMA
(*FOAM-MAT DRYING*). PARTE 1**

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

Orientadora: Profa. Dra. Josilene de Assis
Cavalcante

JOÃO PESSOA - PB

2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C838s Costa, Iasmyn Irenny de Souza.

Secagem da polpa do fruto do cacaueteiro em camada de espuma (foam-mat drying). Parte 1 / Iasmyn Irenny de Souza Costa. - João Pessoa, 2019.

51 f. : il.

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

1. Subprodutos. 2. Juá. 3. Estabilidade. I. Cavalcante, Josilene de Assis. II. Título.

UFPB/BC

IASMYN IRENNY DE SOUZA COSTA

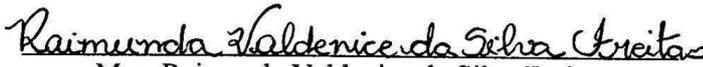
**SECAGEM DA POLPA DO FRUTO DO CACAUEIRO EM CAMADA DE ESPUMA
(FOAM-MAT DRYING). PARTE 1**

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

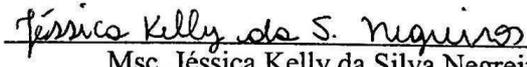
Aprovado em 25 de outubro de 2019.



Prof. Dra. Josilene de Assis Cavalcante
(Orientadora)



Msc. Raimunda Valdenice da Silva Freitas
(Examinadora)



Msc. Jéssica Kelly da Silva Negreiros
(Examinadora)

Dedico este trabalho aos meus pais, por todo amor e esforços investido em mim.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela proteção, saúde e por ter me dado forças para superar às dificuldades.

À minha mãe, Maria Aparecida, por todo amor, apoio, esforços, força, confiança e por muitas vezes acreditar em minhas capacidades até mais do que eu mesma, ensinando-me a perseverar.

Ao meu pai, José Moura, por todo esforço, amor e ajuda financeira.

À minha Avó, Maria Moura, por ser meu exemplo de fortaleza.

A toda minha família, em especial madrinhas, tios, tias, primos e primas pela torcida, ajuda e incentivo.

À Maria Francisca (*in memoriam*) que não se encontra presente fisicamente, mas sempre em minha memória e em meu coração, agradeço por todo o apoio e ajuda, principalmente nos momentos mais difíceis.

À Luyra, por ser meu “diário” da vida, por essa amizade forte que temos, obrigada por estar sempre disposta a ajudar, inclusive por me emprestar o notebook para que eu pudesse concluir esse trabalho.

Ao meu namorado, companheiro e amigo Mauricio Santos, por me incentivar, me motivar, pela paciência e carinho.

Às minhas amigas que conquistei nas escolas e que levo para vida, em especial, Joyce Pontes, Rebeka Castro e Beatriz Ferreira.

A todos os amigos que sempre foram pacientes e compreensivos, me ajudando sempre que possível. Em especial a minha prima/irmã Raquel, a Joseane, a André, a minha princesinha Clarisse e a Clara.

Aos amigos da graduação que deixaram o curso mais leve. Em especial a Fernanda, Beatriz, Tamires, Iara, Elielson, Thaine, Elaine, Wanessa, Anderson, Hevair, Thiago, Bruno e Guilherme, por compartilharem comigo todos os momentos felizes e também os mais difíceis, por sempre me motivarem e ajudarem.

À minha orientadora Profa. Dra. Josilene, pela orientação, ensinamentos, aconselhamentos, carinho, apoio, assim como por ser sido uma professora mestre e acima de tudo humana e por toda compreensão.

À Valdenice, pela ideia do projeto, pela ajuda com a matéria-prima e pela contribuição com as análises, auxiliando em etapas importantes e fundamentais deste trabalho;

A todos os companheiros do laboratório de Termodinâmica, em especial a Jessica pela

ajuda na patente e nos conhecimentos compartilhados. A Paloma e Eloi pela ajuda nos experimentos. A Karina e Sani pelas dúvidas tiradas. A Cleidiana por retirar a polpa do congelador e estar sempre disposta a ajudar.

A todos que contribuíram de forma direta ou indireta, muito OBRIGADA!

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3:1

RESUMO

O fruto do cacaueteiro (*Theobroma cacao* L) é conhecido mundialmente por ser a matéria-prima principal na fabricação de chocolates, mas seu uso não se limita a isso, esse fruto apresenta também grande potencial no desenvolvimento de outros alimentos, fármacos e cosméticos. A polpa e a casca do fruto do cacaueteiro são os principais resíduos do processamento do cacau para a fabricação de chocolate. O aproveitamento desses subprodutos tem viabilidade de diversificação de novos produtos. A polpa do fruto do cacaueteiro tem sabor ácido adocicado, e pode ser submetida à produção de sucos, geleias, doces, vinhos e vinagres. Para conservação dos nutrientes presentes na polpa, o método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) se apresenta como alternativa simples, de baixo custo e capaz de aumentar a vida útil desta polpa. Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo o estudo da cinética de secagem da polpa do fruto do cacaueteiro em camada de espuma (*foam-mat drying*). Os experimentos de secagem foram baseados no planejamento experimental fatorial completo $2^3 + 3$ pontos centrais, totalizando 11 experimentos, onde as variáveis independentes foram: concentração do agente espumante (3, 4 e 5%); tempo de agitação (4, 5 e 6 minutos) e temperatura de secagem (50, 60 e 70 °C); essas variáveis foram definidas em testes preliminares. O experimento realizado nas condições máxima de concentração (6%) e de tempo de agitação (5 minutos) e temperatura mínima de secagem (50°C) apresentou espuma com melhor estabilidade (2,5 mL de volume drenado). A capacidade de incorporação de ar e o percentual de expansão das espumas aumentaram com o aumento da concentração do espumante, enquanto a densidade diminuiu. O experimento realizado nas condições máximas de secagem (5%, 6 min e 70 °C) apresentou o menor tempo total de secagem (180 minutos). O pó produzido apresentou rendimento teórico médio de 19,49% e a atividade de água dos pós obtidos se mostraram inferiores a 0,4.

Palavras-chave: subprodutos, juá, estabilidade.

ABSTRACT

Cocoa fruit (*Theobroma cacao* L) is known worldwide for being the main raw material in the manufacture of chocolates, but its use is not limited to this, it also has great potential in the development of other foods, products and cosmetics. A cocoa pulp and fruit peel are the main residues of cocoa processing for chocolate making. The use of these by-products is feasible to diversify new products. A cocoa fruit pulp has a sweet acidic taste and can be subjected to the production of juices, jellies, candies, wines and vinegars. For preservation of the nutrients present in the pulp, or foam layer drying method (foam drying), it is presented as a simple, low cost alternative capable of increasing the useful life of this pulp. Thus, the present work aimed to study the kinetics of cocoa fruit pulp drying in foam layer (foam drying). The drying experiments were designed with 2 + 3 central factorial design, totaling 11 experiments, where the independent variables were: foaming agent concentration (3, 4 and 5%); stirring time (4, 5 and 6 minutes) and drying temperature (50, 60 and 70 ° C); These variables were selected in the preliminary tests. The experiment performed under the maximum concentration conditions (6%) and the stirring time (5 minutes) and the minimum drying temperature (50 ° C) showed the foam with better stability (2.5 mL of drained volume). Area incorporation capacity and foam percentage expansion increased with increasing sparkling concentration, while density decreased. The experiment performed under the maximum drying conditions (5%, 6 min and 70 ° C) presented the shortest total drying time (180 minutes). The produced powder has an average theoretical yield of 19.49% and the post-use water activity is less than 0.4.

Key word: by-products, sparkling, juá.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DA LITERATURA	14
3.1 CACAUEIRO.....	14
3.1.1 Aspectos do cacau	15
3.1.2 Produto e subprodutos do cacau	18
3.2 SECAGEM.....	20
3.2.2 Cinética de secagem	23
4 METODOLOGIA	25
4.1 PROCESSAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA E OBTENÇÃO DA ESPUMA	25
4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL COMPLETO.....	26
4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ESPUMA	26
4.3.1 Estabilidade da espuma	26
4.3.2 Densidade da espuma	27
4.3.3 Expansão volumétrica	28
4.3.4 Capacidade de incorporação de ar (<i>over run</i>).....	28
4.4 ENSAIOS DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA.....	29
4.5 RENDIMENTO TEÓRICO	30
4.6 ATIVIDADE DE ÁGUA.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS ESPUMAS	30
5.1.1 Estabilidade da espuma	30
5.1.2 Capacidade de incorporação de ar (<i>over run</i>).....	34
5.1.3 Densidade e percentual de expansão	34

5.2 SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA	35
5.3 PRODUTO OBTIDO	39
5.4 RENDIMENTO TEÓRICO	40
5.5 ATIVIDADE DE ÁGUA.....	41
6 CONCLUSÕES	43
REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O cacauéiro pertence à ordem Malvales, família *Malvaceae*, gênero *Theobroma*, espécie *Theobroma cacao* L. (LOPES et al. 2011). Possui origem no continente Sul Americano, sendo a principal frutífera do gênero cultivada, devido ao valor e importância econômica do seu fruto, o cacau (KONGOR et al., 2016; ALEXANDRE et al., 2015; ARGOUT et al., 2001; SILVA NETO et al., 2001).

O cultivo, comercialização e industrialização do cacau e seus derivados têm apresentado, no decorrer dos anos, um importante papel econômico-social no cenário brasileiro. A produção brasileira de cacau no ano de 2015 somou 227,02 toneladas, sendo o segundo melhor desempenho nos últimos 21 anos. O Estado da Bahia é o principal produtor de cacau da região Nordeste e, historicamente, se posiciona no ranking entre os maiores produtores do Brasil (MERCADO DO CACAU, 2015).

O principal emprego desta fruta é na produção de chocolate. O processamento gera quantidades significativas de subprodutos, principalmente durante a quebra das sementes para iniciar o processo de fermentação. Os principais subprodutos são a casca do cacau, a polpa de cacau e o “mel” de cacau (SANTOS, 2012).

Visando o aproveitamento integral do cacau destacam-se a polpa para produção de sumos, geleias, refrigerantes, destilados finos, fermentados como o vinho e o vinagre, gelados e doces (VERÍSSIMO, 2012). Bem como, a casca do fruto pode ser utilizada como adubo; como alimento para animais; para a produção de álcool, biogás e biofertilizante; na obtenção de proteína microbiana ou unicelular e na extração de pectina para uso culinário (SOUZA et al., 2016).

O cacauéiro sempre foi cultivado para aproveitar somente as sementes de seus frutos, que são a matéria-prima da indústria chocolateira. Porém recentemente a polpa começou a despertar o interesse dos produtores, devido ao seu alto rendimento (SILVA NETO et al., 2001).

A polpa de cacau é um substrato mucilaginoso de coloração branco leitosa, sabor ácido adocicado, rico em nutrientes, e apresenta boas perspectivas para industrialização devido a seu sabor característico. O sumo da polpa possui um sabor exótico e agradável ao paladar, assemelhando-se ao sabor de algumas frutas tropicais, como a graviola, o bacuri e o cupuaçu (MORORÓ, 2012; VERÍSSIMO, 2012).

A polpa de cacau apresenta composição rica em açúcar, com aproximadamente 15% de monossacarídeos e 84% de umidade, 0,20 % de lipídios e 0,8% de proteínas. O valor de pH é

de 3,5 a 3,6 e o principal ácido presente é o ácido cítrico (OETTERER, 2006; PUGLIESE, 2010). Por exibir essa gama de componentes, a polpa de cacau é altamente perecível, o que dificulta sua conservação pós colheita. A ampliação das alternativas de conservação de frutas como a polpa de cacau, é necessária, pois possibilita a busca por mercado consumidor dos produtos derivados dessa fruta em regiões distantes, preservando a qualidade da fruta in natura (PAZ, 2010).

Assim, a secagem é considerada um dos meios mais viáveis para a conservação desses tipos de alimentos, uma vez que o processo possui a capacidade de reduzir consideravelmente a atividade de água e conseqüentemente a atividade microbológica, prolongando sua vida útil, dentre outras vantagens (NASCIMENTO, 2018).

O que define o tipo de secagem a ser utilizada são os critérios de conservação da qualidade do produto e o seu uso final (PARK et al., 2007). A secagem em camada de espuma se sobressai por sua capacidade de manter a alta qualidade dos produtos, apresentando grandes possibilidades para a indústria alimentícia (SANKAT e CASTAIGNE, 2004).

A secagem em leito de espuma visa obter um produto com um baixo tempo operacional. Para isso o alimento é convertido em uma espuma estável por meio da adição de agentes espumantes e incorporação de ar, nitrogênio ou outros gases, em batedeiras ou outros equipamentos geradores de espuma. A secagem por este método resulta em um produto poroso e quebradiço, de fácil moagem e transformação em pó com boas propriedades de reidratação (BARRETO, 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Obtenção do pó da polpa do fruto do cacauzeiro utilizando a técnica de secagem em camada de espuma.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar fisicamente as espumas obtidas da polpa do fruto do cacauzeiro antes da secagem;
- Obter as curvas de cinética com os dados da secagem em camada de espuma;

- Analisar o rendimento teórico e a atividade de água do pó obtido da polpa do fruto do cacauzeiro após a secagem.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 CACAUEIRO

O cacauzeiro é uma planta pertencente à família Sterculiaceae, foi reclassificado e inserido na família Malvaceae, gênero Theobroma. É originário da América do Sul, provavelmente das Bacias dos rios Amazonas e Orinoco (AFOAKWA, 2010; OETTERER, 2006). Apesar de ser uma planta nativa da região tropical da América do Sul, é possível encontrar seu cultivo em vários países de clima tropical (RUSCONI e CONTI, 2010; ELWERS et al., 2009).

O nome da planta é de origem asteca cacahuatl (cacau) ou cacahuaquahuitl (cacauzeiro) e, “Theobroma”, do grego, quer dizer “alimento dos deuses” em referência à origem divina atribuída ao cacauzeiro pelos povos mesoamericanos (EFRAIM, 2009; LOPES et al., 2011).

O cacauzeiro é uma árvore proveniente de regiões de clima tropical quente e úmida estável, melhor adaptado as temperaturas médias de 25 °C e precipitação anual variando de 1.500 a 2.000 mm. A planta alcança normalmente de 4 a 8 metros de altura e copa variando de 4 a 6 metros de diâmetro (SILVA NETO et al., 2001).

Sua madeira tem pouca aplicação, mas seus frutos, são comestíveis. Seu principal valor comercial está nas sementes, destinadas principalmente para a fabricação do chocolate consumido em todo o mundo, mas também utilizadas nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos (ALMEIDA e VALE, 2007; KALVATCHEV; GARZARO; CEDEZO, 1998; LORENZI, 2002).

O cacauzeiro protege o solo dos efeitos das chuvas da erosão e da lixiviação (carreamento de elementos nutritivos pelas águas). Suas plantações substituem a floresta original sem destruir o ambiente ecológico existente, preservando a heterogeneidade e com ela o microclima e a vida das espécies vegetais e animais das áreas cultivadas (EFRAIM, 2009).

De acordo com Batalha (2009) é uma planta em que as inflorescências, e posteriores frutos, se desenvolvem diretamente no caule em placas florais perenes (cochinetes). Um cacauzeiro adulto pode produzir mais de 50 mil flores por ano, das quais menos de 5% são polinizadas e somente 0,5% a 2% resultam na produção de frutos (SOUZA e DIAS, 2001).

A planta começa a frutificar aos três anos, com produção abundante de frutos a partir do oitavo ano, e mantendo a produção satisfatória até os trinta anos. Cada árvore produz um máximo de 30 frutos por ano, variando de acordo com as condições de cultura, o que permite colheitas de até 2500 kg por hectare, no entanto a partir do 7º ano poderá chegar aos 1200 a 1500 kg/ha (SILVA NETO et al., 2001).

A expansão do cacau originou grupos genéticos importantes, conhecidos tradicionalmente como Criollo e Forastero, os quais têm sido definidos com base em características morfológicas e origens geográficas. Existe ainda um terceiro grupo, o Trinitário, formado pela hibridização dos grupos anteriores. Os três grupos apresentam distinções quanto à produtividade, formato e susceptibilidade às doenças, além de características que tornam necessárias a adoção de diferentes parâmetros para seu processamento (PIRES, 2003; MOTAMAYOR et al., 2008).

3.1.1 Aspectos do cacau

Os frutos apresentam grande diferença em forma, espessura da casca, coloração e rugosidade, peso de 100 a 2000 g dependendo do grupo e do cultivar a que pertence. Conforme os frutos se desenvolvem a cor varia de verde a vermelho quando imaturos, e amarelo a alaranjado quando maduros (AGUILAR et al., 2016).

Os frutos são cápsulas ovóides com 10 a 30 cm de comprimento, que contêm 20 a 40 sementes ligadas à placenta e envoltas numa polpa mucilaginosa rica em açúcares. A produção das cápsulas não é sazonal, sendo possível encontrar simultaneamente na mesma planta frutos em diferentes estágios de maturação (BATALHA, 2009).

O fruto é composto por casca, entrecasca, polpa, sementes e placenta. A casca é a maior fração do fruto (80%), sendo o restante (20%), referente às sementes, as quais são transformadas em amendoas (10%) e destinadas na forma de nibs (8%) para a fabricação de chocolate (SILVA NETO et al., 2001).

O valor nutricional das cascas do fruto do cacau varia com uma série de fatores (cultivo do cacau, conservação das cascas e condição de maturação), que apresenta 35% de celulose, 11% hemicelulose, 6% pectina, de proteínas cerca de 9%, baixo teor de gordura (1%), 7,2% de resíduos minerais (cinzas), Ca 13 (0,3%) e P (0,15%), proporções menores de Fe, Mn e Zn, Cu e Se e 1,32% a 4,6% dos metabólitos principais os compostos fenólicos e metilxantinas (AREGHEORE, 2002; CHUNG, KENJI e KANG-WAN, 2003; ZHENG e ASHIHARA, 2004; LECUMBERRI et al., 2007; VRIESMANN, AMBONI e PETKOWICZ, 2011; SODRÉ et al.,

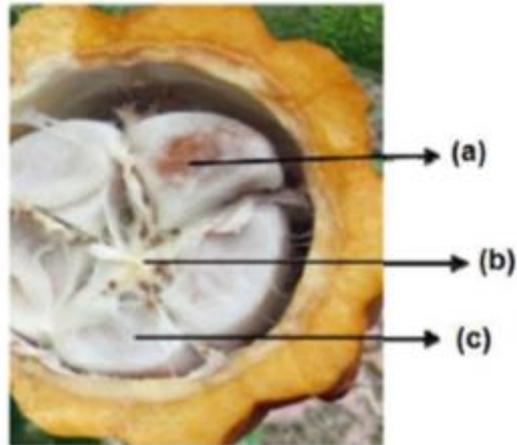
2012). Quanto ao teor de aminoácidos estão caracterizados os ácido glutâmico, aspártico e a metionina (16,0%, 11,5%, 1,1% respectivamente do total de ácidos aminados) (CHUNG, KENJI e KANG-WAN,2003). Além do mais, contém um alto teor de vitamina D2 (29.000 U.I./kg), sendo esta superior ao de qualquer outro alimento de origem vegetal (COSTA, 2005).

Segundo PETTIPHER (1986), citado por ENDRAIYANI (2011), a polpa de cacau consiste principalmente de água, açúcares, ácidos e pectina. A Pectina confere à polpa uma espessura consistente, apresenta aproximadamente 1% em relação ao seu peso fresco. O mineral mais abundante é o potássio, enquanto que a vitamina mais abundante é o ácido ascórbico, que constitui 97% de todas as vitaminas presentes. As concentrações desses nutrientes variam conforme a influência de diferentes cultivos de cacau, grau de maturação, bem como seu clima. Devido à composição da polpa de cacau ser rica em macro e micronutrientes, a mesma se apresenta como um meio favorável para o crescimento microbiano e, portanto, um substrato adequado para a fermentação do cacau. Com um pH de 3,50 a 3,80, a polpa de cacau fresca possui uma combinação de sabor levemente ácido com uma nota de sabor tropical, popular nas regiões produtoras de cacau.

As sementes estão envolvidas pela polpa branca, constituída por um conjunto de células esponjosas mucilaginosas contendo água, frutose, glicose, sacarose, ácido cítrico e vários sais inorgânicos, através da placenta (MARTINI, 2004).

Ainda segundo Martini (2004) a testa (película protetora da semente) secreta a mucilagem e atua como via de transporte entre os cotilédones e a polpa mucilaginosa. O cotilédone (contém material nobre para a fabricação do chocolate) apresenta células contendo reservas proteicas, lipídicas, amido e células polifenólicas. No tecido fresco predominam células contendo numerosos e regulares glóbulos lipídicos que revestem ordenadamente a face interna da membrana celular. As células polifenólicas apresentam um grande e único vacúolo preenchido por polifenóis sendo responsáveis pela cor dos cotilédones (Figura 3.1). No decorrer do processamento, os cotilédones adquirem uma tonalidade marrom devido a inúmeras reações bioquímicas, as quais são essenciais para a formação dos precursores do sabor e cor do chocolate.

Figura 3.1 - Fruto de cacau (corte transversal): (a) cotilédone; (b) placenta e (c) polpa mucilaginosa.



Fonte: Martini (2004).

A polpa se caracteriza como o principal substrato para a fermentação, consequência da presença de açúcares que permitem o desenvolvimento de uma gama de microrganismos (PIMENTEL, 2016).

As sementes (Figura 3.2) que constituem o cacau e que interessa à indústria processadora têm forma variável medindo 2 cm de comprimento e 1 cm de largura, compondo cerca de 20 a 50 unidades por fruto, são compostas por dois cotilédones e um embrião (germe), recobertos por uma casca fina e frágil, também chamada de testa (MARTINI, 2004).

Figura 3.2 – Interior de uma semente de cacau com detalhes da polpa, testa, cotilédone e gérmen.



Fonte: Adriana et al., 2013.

A testa secreta a mucilagem e atua como via de transporte entre os cotilédones e a polpa mucilaginosa. O cotilédone apresenta células contendo reservas protéicas, lípidos, amido e

células polifenólicas. No tecido fresco predominam células contendo numerosos e regulares glóbulos lipídicos que revestem ordenadamente a face interna da membrana celular. As células polifenólicas apresentam um grande e único vacúolo preenchido por polifenóis sendo responsáveis pela cor dos cotilédones. Este vacúolo é lisado durante a fermentação (URBANSKI, 1992).

O cotilédone da semente do cacau, matéria-prima utilizada para a produção de chocolate, em sua forma bruta, apresenta uma característica adstringente e gosto desagradável, precisando ser fermentado, seco e torrado para adquirir o sabor de “cacau” propriamente dito. A qualidade dos grãos de cacau, sabor e aroma, dependerão das habilidades e bons cuidados tomados desde o campo até o processamento final. Todavia, é necessária a avaliação dos parâmetros físicos, químicos e organolépticos que permitem determinar a qualidade em relação à variedade e ao meio ambiente (BRUNETTO et al., 2007).

Na produção comercial de sementes, após colheita dos frutos maduros de cacau, estes são abertos e as sementes envoltas pela polpa são retiradas, passando por um processo de fermentação. Assim, a polpa fornece substratos para vários microrganismos, permitindo a ocorrência de reações químicas nas sementes, que são essenciais para o desenvolvimento do sabor e da cor do chocolate, que se completa durante a torrefação das sementes. Após a fermentação, antes de serem embaladas para distribuição, as sementes de cacau passam por um processo de secagem artificial ou ao sol para redução da umidade de 60% para 7,5% (ICCO, 2015).

3.1.2 Produto e subprodutos do cacau

As sementes ou amêndoas do cacau constituem a matéria-prima para fabricação de chocolate e seus derivados, os quais são consumidos sob diferentes formas e em grandes quantidades em todos os países. Na indústria farmacêutica e cosmética, a manteiga de cacau é muito utilizada, na indústria chocolateira se usa a torta e o pó de cacau para fabricação de doces e confeitos (SANTOS, 2013).

O chocolate, principal produto do cacaueiro, é conhecido pelo seu grande poder energético e suas propriedades funcionais. A principal delas é a redução de riscos de doenças cardiovasculares, devido a presença dos flavonoides em sua composição. O chocolate contém, ainda, substâncias responsáveis pela produção de serotonina que causa sensação de bem-estar. Contém também a substância teobromina que estimula a atividade cerebral e mantém a mente desperta. O consumo moderado de chocolate amargo pode prevenir infarto (HOLDEN, 2000)

e garantir vida longa e saudável (SOUZA et al., 2016).

O cacauero sempre foi cultivado para aproveitar somente as sementes de seus frutos, que são a matéria-prima da indústria chocolateira. Porém, o aproveitamento dos subprodutos e resíduos é uma oportunidade de diversificação, devido às muitas possibilidades de desenvolvimento de novos produtos. O investimento em produtos derivados de resíduos de cacau reflete diretamente na economia cacauera, cerca de 8% do peso do fruto do cacauero, em estado normal de maturação, têm uso nas indústrias de alimentos (FREIRE et al., 1990).

A polpa, necessária à fermentação das sementes, muitas vezes está presente em excesso, e pode ser utilizada in natura ou processada, na produção de geleias de cacau, bebidas finas, álcool, vinagre, polpa, iogurtes, sorvetes ou sucos. (SOUZA e DIAS, 2001; ALMEIDA e VALLE, 2007).

Já as cascas dos frutos, pode ser destinada para alimentação animal, como de ruminantes, por exemplo, adubação dos solos e material utilizado em substituição de madeira para queimar, bem como, o farelo do cacau, resíduo obtido das cascas das amêndoas, após serem submetidas a etapas de lavagem e secagem (CARVALHO et al., 2007; SILVA et al., 2005). Pode também ser utilizada na produção de biogás e fertilizante, no processo de compostagem, e vermicompostagem, em construções à base de solocimento, na obtenção de proteína microbiana ou proteína unicelular, no fabrico de doces do endocarpo, na produção de álcool e na extração de pectina, entre outros produtos (MORAIS FILHO, 1993).

O aproveitamento integral dos subprodutos e resíduos da pós-colheita contribui para diversificar a receita e incrementar a renda líquida do cacauicultor, tornando-o menos dependente das flutuações do mercado externo, que regula o preço do cacau (SILVA NETO et al., 2001).

O processamento do cacau gera quantidades significativas de subprodutos. As sementes são quebradas, amontoadas e prensadas para serem fermentadas. Na quebra ocorre a separação da semente e de um material mucilaginoso de sabor ácido adocicado denominado polpa de cacau. A polpa de cacau pode ser extraída artesanalmente ou a nível industrial. Na extração artesanal são usados liquidificadores domésticos, modificados para não cortar as sementes. Na indústria essa extração é feita com despulpadoras apropriadas contínuas ou semi-contínua (BORGES, CARVALHO e ALMEIDA NETO, 1971).

A polpa de cacau se caracteriza pela presença de fibras na faixa de 0,7% que junto com a pectina e fibras insolúveis, conferem ao produto alta viscosidade, com o aspecto pastoso de um fluído não newtoniano. Essas características são ideais para a produção de bebidas alcoólicas como o vinho, e alguns alimentos, como compotas, marmeladas e xaropes

(BUAMAH, DZOGBEFIA, OLDHAM, 1997; FREIRE et al., 1990; OTTERER, 1995).

O mel de cacau, parte líquida da polpa, pode ser obtido por prensagem e processado em nível de fazenda ou em microindústrias. Neste líquido não está presente nenhum material insolúvel em água e sua composição básica é água, açúcar (10 a 18%), ácidos não voláteis (ácido cítrico – 0,77 a 1,52%) e pectina (0,9 a 2,5%). Mais recentemente, parte da polpa integral vem sendo extraída em máquinas apropriadas, conservada sob congelamento e comercializada para a elaboração de néctar ou refresco (SANTOS, 2012).

Quando comparado com outras culturas tropicais que são utilizadas pelas indústrias alimentícias, o aproveitamento da polpa de cacau se torna mais vantajoso, tendo em vista sua abundância devida a sua cultura já está estabelecida (OETTERER., REGITANO-D'ARCE e SPOTO, 2006).

Considerando-se que para uma produção anual de 300.000 toneladas de cacau seco foram utilizadas 600.000 toneladas de sementes, e que se pode extrair 20% da polpa presente nas sementes. Verifica-se que é possível a obtenção de 120.000 toneladas de polpa integral, a qual pode vir a ser aproveitada, se processada industrialmente (SILVA NETO et al., 2001).

Os produtos processados a base de cacau podem ser classificados como altamente energéticos e estimulantes, cujo sabor é um diferencial importante (LOPES, PEZOA-GARCÍA e AMAYA-FARFÁN, 2008). A polpa possui sabor exótico e agradável ao paladar podendo ser comparado a outras frutas, como por exemplo, graviola, cupuaçu e bacuri (VERISSIMO, 2012).

3.2 SECAGEM

A vida útil pós-colheita da maioria dos frutos é muito curta, principalmente, quando colhidos maduros e armazenados em temperatura ambiente. Diante disso, um dos processos mais utilizados para aumentar a vida útil é a secagem. As vantagens de se utilizar o processo de secagem são várias, dentre as quais: a facilidade na conservação do produto; a estabilidade dos componentes aromáticos à temperatura ambiente por longos períodos de tempo; a proteção contra degradação enzimática e oxidativa; a redução da massa do produto; a economia de energia por não necessitar de refrigeração e a disponibilidade do produto durante qualquer época do ano (FEMENIA et al., 2009).

Atualmente, os produtos em pó, obtidos a partir de polpas de frutas, são cada vez mais utilizados pela indústria nacional de alimentos, uma vez que o processamento desses frutos reduz significativamente os custos com embalagens, transporte, armazenamento e conservação (COSTA, MEDEIROS e MATA, 2003).

O pó da polpa de fruta, obtido pela secagem, apresenta características diferentes da polpa integral, sendo necessário analisar algumas propriedades como o teor de ácido ascórbico, teor de umidade, pH, densidade, tempo de escoamento e molhabilidade, pois essas características influenciarão no valor nutricional, na qualidade, etapas de processamento e armazenamento (GOMES, FIGUEIRÊDO e QUEIROZ, 2002). Tem-se empregado tecnologias que permitam processar a fruta na forma de pó, fazendo com que o fruto, que era consumido somente em sua época de safra, possa ser consumido em qualquer período do ano (MATA et al., 2005).

Para a indústria de alimento, o processo de secagem é tradicionalmente utilizado para preservação de alimentos, pois diminui a disponibilidade de água (atividade de água) para reações de deterioração, aumenta a estabilidade e reduz o volume. Combinando a economia de volume e massa no transporte e no armazenamento em razão da compactação e da leveza, com os efeitos benéficos da estabilidade microbiológica e química permitindo que o produto tenha maior durabilidade. Além de agregar valor ao produto final e originar uma nova opção para o mercado (MELO et al., 2013).

A secagem consiste em fornecer calor para evaporar a umidade do material. E para que haja a evaporação de água da superfície do material ao ambiente, a água deve ser transportada do interior do sólido até a superfície. O movimento da água do interior do material até à superfície é determinado pelos mecanismos de transferência de massa, que indicará a dificuldade de secagem nos materiais (PARK et al., 2007). Essa movimentação ocorre devido a diferença de pressão de vapor d'água na superfície do produto e do ar ao seu redor. A condição para que um produto seja submetido ao processo de secagem é que a pressão de vapor sobre a sua superfície seja maior do que a pressão de vapor no ar de secagem. A velocidade de secagem de um produto depende, além do sistema de secagem, das características do material a ser seco (SILVA et al., 2008).

Os alimentos podem ser desidratados por variados métodos. Para a escolha do melhor método algumas variáveis devem ser levadas em consideração tais como o alimento a ser desidratado, a facilidade do processamento, volume do processado, estado, condições da matéria-prima e nível de qualidade desejado (FREIRE, 1992; FELLOWS, 2006).

3.2.1 Secagem em camada de espuma

Esta metodologia foi desenvolvida por Morgan e colaboradores no ano de 1960 no Western Laboratório de Pesquisa Regional do Departamento da Agricultura dos Estados

Unidos, sendo relatada principalmente por ser consideravelmente mais barata do que métodos à vácuo, por congelamento e secagem por pulverização (*spray drying*) do fluido (JANGAM, LAW e MUJUMDAR, 2010).

Esta técnica é aplicada à secagem de alimentos líquidos ou semi líquidos, os quais são transformados em uma espuma estável pela incorporação de ar em sua estrutura e adição de agente emulsificante/estabilizante (RAJKUMAR et al., 2007; THUWAPANICHAYANAN, PRACHAYAWARAKORN e SOPONRONNARIT, 2008). Esse método permite uma rápida secagem de alimentos líquidos, tais como sucos de frutas e também para alimentos pastosos como purês e polpas de frutas.

As principais vantagens desse método, quando comparado a outros métodos de secagem de alimentos líquidos como *spray-drying* ou secagem por tambor são as baixas temperaturas e curtos tempos de secagem, devido à estrutura da espuma permanecer inalterada durante o processo aumentando a área exposta ao ar quente e facilitando a saída da água, o que preserva melhor o sabor e o valor nutricional. Isso também torna o processo relativamente mais simples e barato. Porém, para atender a elevadas taxas de produção, necessita de equipamentos com grande superfície de secagem, pois a camada de material é muito fina (2 a 5 mm), elevando os custos do processo para grandes produções (CARNEIRO, 2008; MARQUES, 2009).

A desidratação por esta técnica se restringe a pequenas produções, empregada somente para líquidos que tem capacidade de gerar espumas estáveis (VALENTAS, ROTSTEIN e SINGH, 1997). Entretanto, a maior dificuldade encontrada nesse processo é manter a estabilidade da espuma durante o processo de secagem (KARIM e WAY, 1999). Caso ocorra o rompimento das bolhas da espuma durante o processo, isso poderá provocar um aumento da taxa de secagem, reduzindo a qualidade do produto, o que também dificultará a retirada do produto da bandeja (SANKAT e CASTAIGNE, 2004).

A formação, a densidade e a estabilidade das espumas são afetadas por diversas variáveis como a natureza química do material, teor de sólidos solúveis e, principalmente, pelo tipo e concentração do agente espumante (MARQUES, 2009; CARNEIRO, 2008).

O menor tempo de exposição do produto a alta temperatura permite a obtenção de produtos em pó com suas características nutricionais preservadas. O que pode gerar grandes possibilidades comerciais (SOUZA, 2011).

A secagem em leito de espuma pode ser aplicada para muitos alimentos sensíveis ao calor, como sucos de frutas. Permite também o processamento de produtos que são difíceis de secar. E ainda permite a produção de materiais que se reidratam facilmente e preservam alguns indicadores de qualidade como: cor, aroma, textura e valores nutricionais (KARIM e WAY,

1999; FERNANDES et al., 2014).

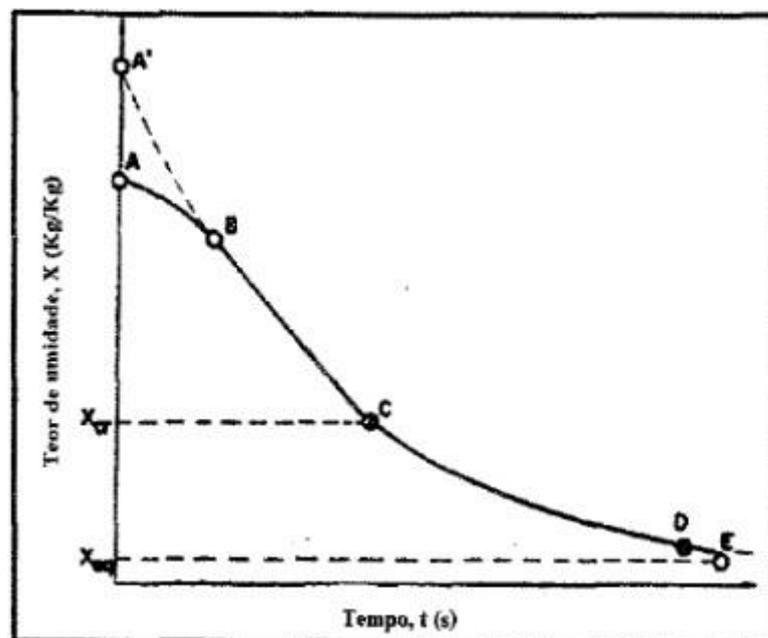
3.2.2 Cinética de secagem

O estudo da cinética de secagem tem como objetivo o conhecimento do comportamento do material estudado ao longo do processo e a previsão do tempo de secagem. No processo de secagem de produtos agrícolas, os dados experimentais obtidos são representados através de curvas relacionando o teor de umidade com o tempo (CARVALHO, 2014)

Keey (1992) afirma que as curvas de secagem podem ser determinadas a partir de dois métodos: através do monitoramento da perda de umidade do material a partir da pesagem direta da amostra ou mediante o monitoramento da umidade do gás de secagem, na entrada e saída do secador, utilizando-se instrumentos adequados, como psicrômetros e higrômetros de infravermelho.

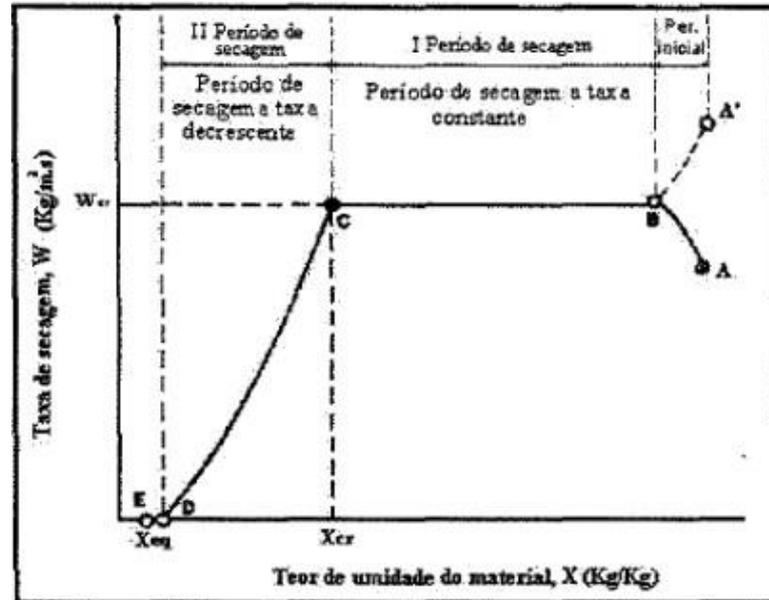
Nas Figuras 3.3 e 3.4 estão representados os períodos das curvas de cinética de secagem e de taxa de secagem, respectivamente.

Figura 3.3 - Representação da curva típica de cinética de secagem



Fonte: Strumillo e Kudra (1986)

Figura 3.4 - Curva de Taxa de Secagem



Fonte: Strumillo e Kudra (1986)

No período inicial da secagem, a mudança do teor de umidade do sólido com o tempo é ilustrada pelo segmento AB. Decorrido um certo tempo, a partir do ponto B, o gráfico assume uma forma linear. Neste período, segmento BC, a taxa de secagem que corresponde à inclinação da reta, permanece constante. A diminuição linear do teor de umidade com o tempo ocorre continuamente até atingir o ponto C, chamado ponto crítico. A partir do ponto C, segmento CD, ocorre o aparecimento de uma curva que se aproxima assintoticamente do teor de umidade de equilíbrio do material (X_{eq}) (STRUMILLO E KUDRA, 1986).

A umidade de equilíbrio de um produto é definida como sendo o menor teor de umidade atingível, nas condições em que é submetida a secagem. Esse equilíbrio é atingido quando a pressão de vapor no sólido se iguala à pressão parcial de vapor no ar de secagem. (MARCINKOWSKI, 2006; DANTAS, 2010)

O período de secagem correspondente ao segmento BC da Figura 3.4 é chamado período de secagem à taxa constante. Após o ponto crítico, ponto C, inicia-se o segundo período de secagem denominado período de secagem à taxa decrescente (NASCIMENTO, 2018).

Os métodos de cálculo da secagem diferem entre os períodos de taxa constante e decrescente. No caso de taxa constante, a transferência de calor e massa são analisadas na superfície do material em contato com o ar de secagem, já para o período de taxa decrescente as análises são baseadas na transferência internas que governam a secagem (PARK et al., 2001).

4 METODOLOGIA

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

4.1 PROCESSAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA E OBTENÇÃO DA ESPUMA

A matéria-prima utilizada foi a polpa do fruto do cacaueteiro (*Theobroma cacao* L.) produzida no Vale do Jaguaribe, localizado no Estado do Ceará. A polpa do fruto do cacaueteiro utilizada para a secagem em camada de espuma foi resultante da mistura de dois clones (Bland CEPEC 2005 e CCN51). Os frutos maduros foram despulpados em despulpadeira industrial e posteriormente a polpa embalada em sacos plásticos transparentes em porções de 500 mL, congelada e transportada para o laboratório de Termodinâmica da UFPB, João Pessoa - PB, onde foi armazenada em freezer, até posterior utilização. Após o descongelamento, em temperatura ambiente, a polpa foi peneirada para remoção de possíveis resíduos de sementes provenientes do processo de obtenção da polpa.

O espumante utilizado foi o pó do juá, desenvolvido pela equipe de secagem e tem pedido de depósito de patente registrado BR 10 2017 023344 8.

Após peneiramento, a polpa do cacau juntamente com o pó da entrecasca do juá (agente espumante), foi submetido à agitação mecânica vigorosa em batedeira Deluxe SX80 da marca Arno a velocidade máxima e constante. As espumas (Figura 4.1) foram obtidas para as concentrações e tempos de agitação determinados no planejamento experimental fatorial completo.

Figura 4.1 – Espuma obtida



4.2 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL COMPLETO

Os experimentos foram feitos de acordo com o planejamento fatorial completo $2^3 + 3$ pontos centrais, que foi definido por Costa (2019). Na Tabela 4.1 são apresentadas as variáveis utilizadas no planejamento com seus respectivos níveis e valores e na Tabela 4.2 é apresentada a matriz do planejamento fatorial completo.

Tabela 4.1 – Valores codificados e reais das variáveis.

Variáveis	Níveis		
	-1	0	1
Concentração da entrecasca do juá (%)	3	4	5
Tempo de agitação (min)	4	5	6
Temperatura de secagem (°C)	50	60	70

Fonte: Costa (2019)

Tabela 4.2 - Matriz do planejamento fatorial $2^3 + 3$ pontos centrais.

N° do Experimento	Variáveis independentes		
	C (%)	T _{ag} (min)	T (°C)
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)

T_{ag} = Tempo de agitação; C = Concentração do espumante; T = Temperatura de secagem.

Fonte: Costa (2019)

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DA ESPUMA

4.3.1 Estabilidade da espuma

A estabilidade da espuma foi determinada segundo a técnica descrita por KARIM e WAI (1999). Esta metodologia consiste no princípio de que a estabilidade da espuma é inversamente proporcional ao volume do líquido drenado.

Sendo assim, foram colocados 20 g da espuma em um funil com filtro de nylon sobre uma proveta graduada (Figura 4.2) e esse sistema foi levado à estufa com circulação de ar durante 90 minutos nas temperaturas previstas pelo planejamento experimental. E realizando a medição do volume drenado a cada 10 minutos. Esse teste foi realizado em triplicata.

Figura 4.2 - Sistema para análise de estabilidade da espuma



4.3.2 Densidade da espuma

A densidade (massa específica) foi obtida através da divisão da massa da amostra pelo volume (Equação 4.1). Para determinação da mesma, utilizou-se uma proveta de 100 mL e uma balança semi-analítica. Inicialmente, foi tratada a massa da proveta e em seguida transferido a amostra da espuma para a proveta até atingir 100 mL, anotou-se a massa obtida e a mesma foi dividida pelo volume conhecido.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4.1)$$

Onde:

ρ - densidade (massa específica) da amostra (kg/m³)

m - massa do produto (kg)

V - volume da proveta (mL)

4.3.3 Expansão volumétrica

Com os dados da massa específica da polpa e da espuma, determinou-se o percentual de expansão das espumas (Equação 4.2).

$$\text{Exp (\%)} = \frac{1/\rho_{\text{espuma}} - 1/\rho_{\text{polpa}}}{1/\rho_{\text{polpa}}} \times 100 \quad (4.2)$$

Onde:

ρ_{polpa} - densidade (massa específica) da polpa do fruto do cacaueteiro (kg/m³)

ρ_{espuma} - densidade (massa específica) da espuma (kg/m³)

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

A capacidade de incorporação de ar está ligada ao volume de ar introduzido em uma solução e pode ser determinada pelo volume de espuma obtido. Sendo assim, para determinação da capacidade de incorporação foi avaliado o volume da polpa do fruto do cacaueteiro em um béquer antes e depois (Figura 4.3) de ser submetida à rigorosa agitação. Esta análise foi realizada para cada concentração de espumante e para cada tempo de agitação de acordo com o planejamento experimental. Para o cálculo da porcentagem de incorporação de ar foi utilizada a Equação 4.3.

$$\text{Over run (\%)} = \frac{V_{\text{Final}} - V_{\text{Inicial}}}{V_{\text{Inicial}}} \times 100 \quad (4.3)$$

Onde

V_{Final} - volume após a batidura (mL);

V_{Inicial} - volume inicial da polpa (mL).

Figura 4.3 - Medição do over run das espumas da polpa do cacau



4.4 ENSAIOS DE SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

A espuma obtida foi espalhada em bandeja de alumínio, com espessura da camada de espuma em 0,5 cm, valor determinado com ensaios preliminares (Figura 4.4). A espessura da espuma foi medida com o auxílio de um molde de bandeja de vidro com espessura fixa de 0,5 cm. As bandejas foram pesadas e levadas para secagem em uma estufa de circulação de ar com temperaturas previamente estabelecidas de acordo com o planejamento fatorial. Foram realizadas pesagens, em intervalos de tempo definidos, até não haver mais variação na massa. O produto desidratado foi retirado rapidamente das bandejas e acondicionados em sacos de polietileno, onde foi reduzido a pó apenas pela compressão com as mãos, os saquinhos foram fechados e armazenados em um dessecador com sílica em gel, para evitar a absorção de umidade.

Figura 4.4 - Espuma em bandeja antes da secagem



4.5 RENDIMENTO TEÓRICO

O rendimento teórico foi calculado através da razão entre a massa do pó após a secagem e a massa da espuma antes da secagem, como mostrado na Equação 4.4. A medição das massas foram realizadas por pesagem em balança semi-analítica.

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{m_{pó}}{m_{espuma}} \times 100\% \quad (4.4)$$

4.6 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água foi determinada após a secagem e os experimentos foram realizados em duplicata, na temperatura de 30 °C. Foram pesadas 0,5 g da amostra em cápsulas adequada ao equipamento e a leitura foi realizada por medição direta no analisador de atividade de água Novasina LabMaster-aw.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DAS ESPUMAS

5.1.1 Estabilidade da espuma

A estabilidade da emulsão é o atributo físico de maior importância na avaliação da qualidade da espuma (MUTHUKUMARAN et al., 2008). A importância desta análise consiste em determinar um nível mínimo de agente estabilizante necessário para a produção de espuma adequada para o processo de secagem (BASTOS et al., 2005).

A estabilidade corresponde ao inverso do volume drenado da espuma. Ou seja, quanto maior o volume desprendido mais instável é a espuma.

Nas Figuras 5.1 e 5.2 são apresentadas a estabilidade das espumas para as temperaturas de secagem de 50 °C e 70 °C, respectivamente, variando as concentrações de espumante

Figura 5.1 - Estabilidade da espuma variando a concentração da entrecasca do juá na $T = 50$ °C, com os tempos de agitação de: a) 4 min e b) 6 min

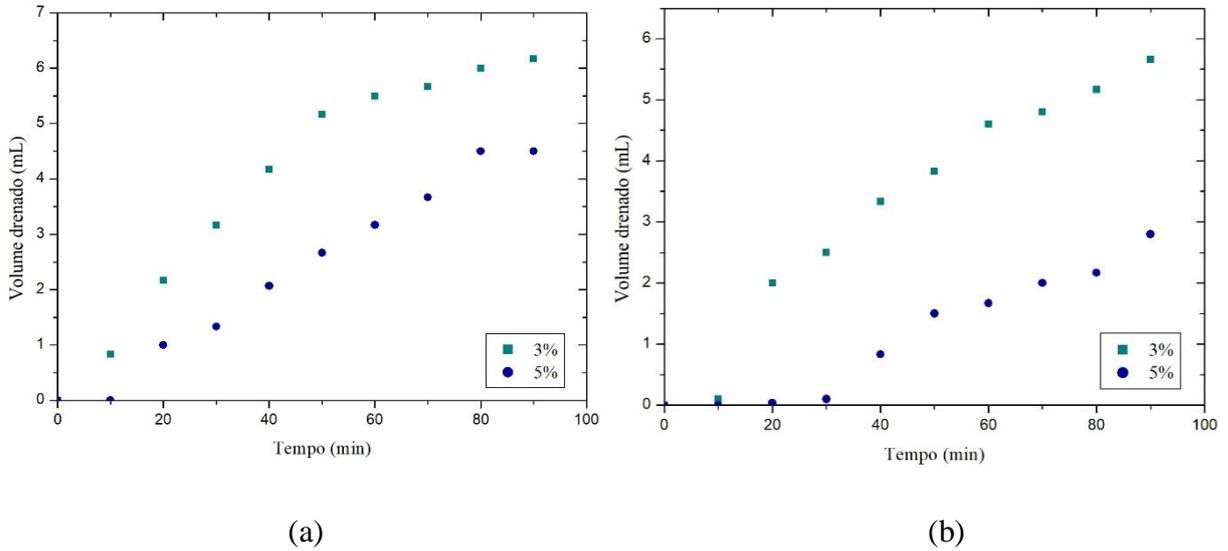
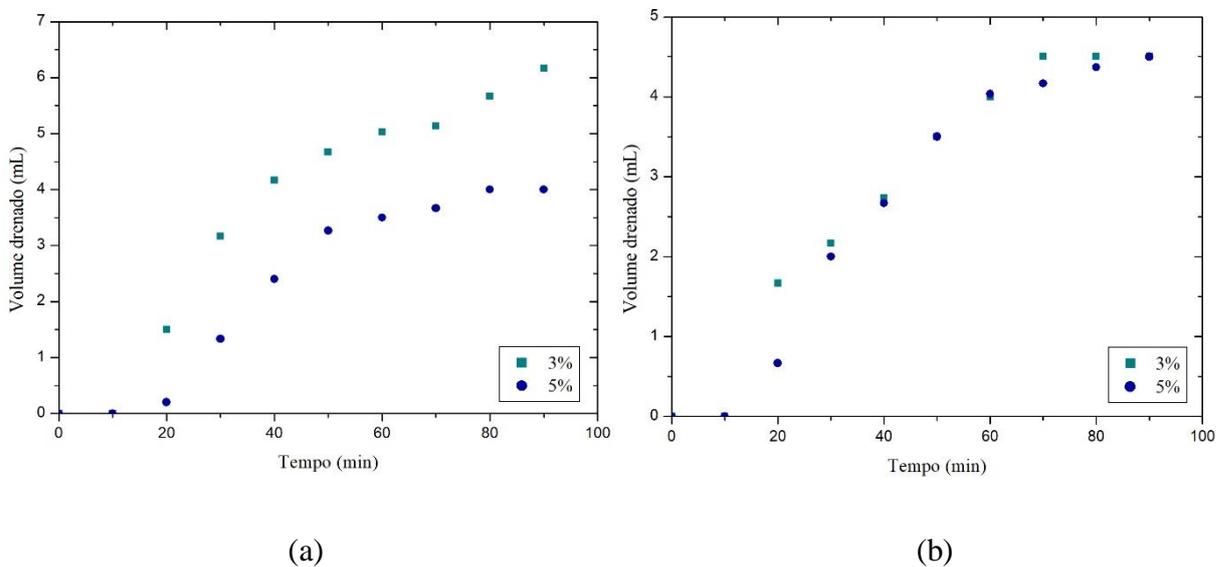


Figura 5.2 - Estabilidade da espuma variando a concentração da entrecasca do juá na $T = 70$ °C, com os tempos de agitação de: a) 4 min e b) 6 min



Pelas Figuras 5.1 e 5.2 é possível notar que as condições experimentais que formaram as espumas menos estáveis foram as de concentração igual a 3%, pois apresentou o maior volume drenado.

Em ambas temperaturas, a melhor estabilidade apresentada foi a que apresenta concentração de espumante maior, esse fato pode ser explicado porque a entrecasca do juá possui um alto poder espumante, tornando a espuma mais aerada e mais estável.

Nas condições da Figura 5.2 (b), os volumes finais drenados são iguais, ou seja, a

concentração não teve influência na estabilidade da espuma para o tempo de agitação máximo do planejamento experimental fatorial completo (6 min).

Além da variação da concentração dos espumantes, foi analisado também o efeito da variação do tempo de agitação na estabilidade das espumas para as temperaturas de secagem de 50 °C e 70 °C, respectivamente e as curvas são apresentadas nas Figuras 5.3 e 5.4.

Figura 5.3 - Estabilidade da espuma variando o tempo de agitação na $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, com as concentrações de juá: a) 3% e b) 5%

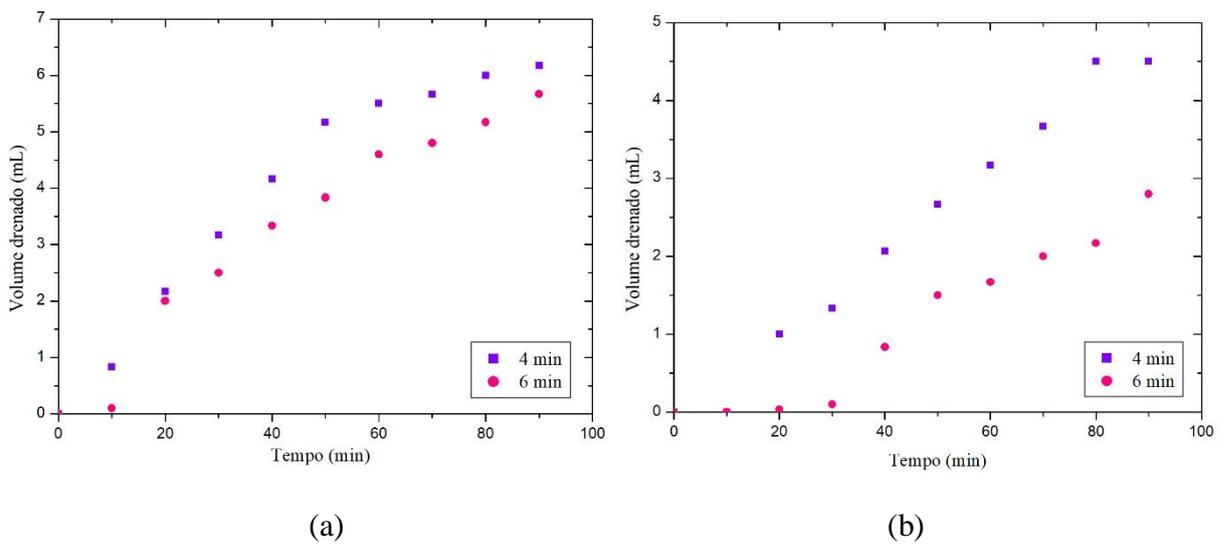
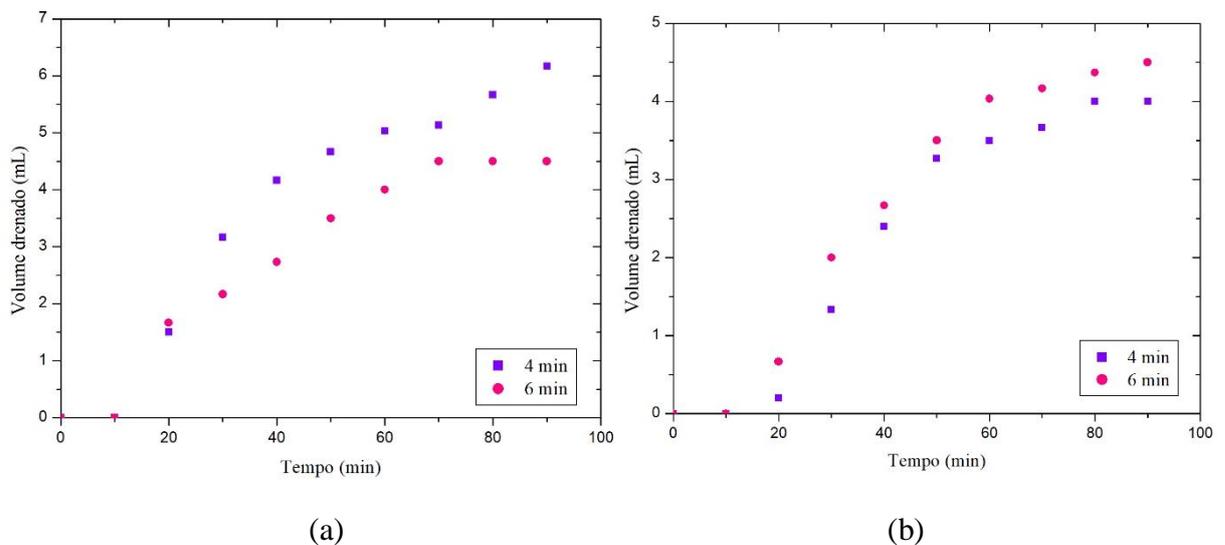


Figura 5.4 - Estabilidade da espuma variando o tempo de agitação na $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, com as concentrações de juá: a) 3% e b) 5%

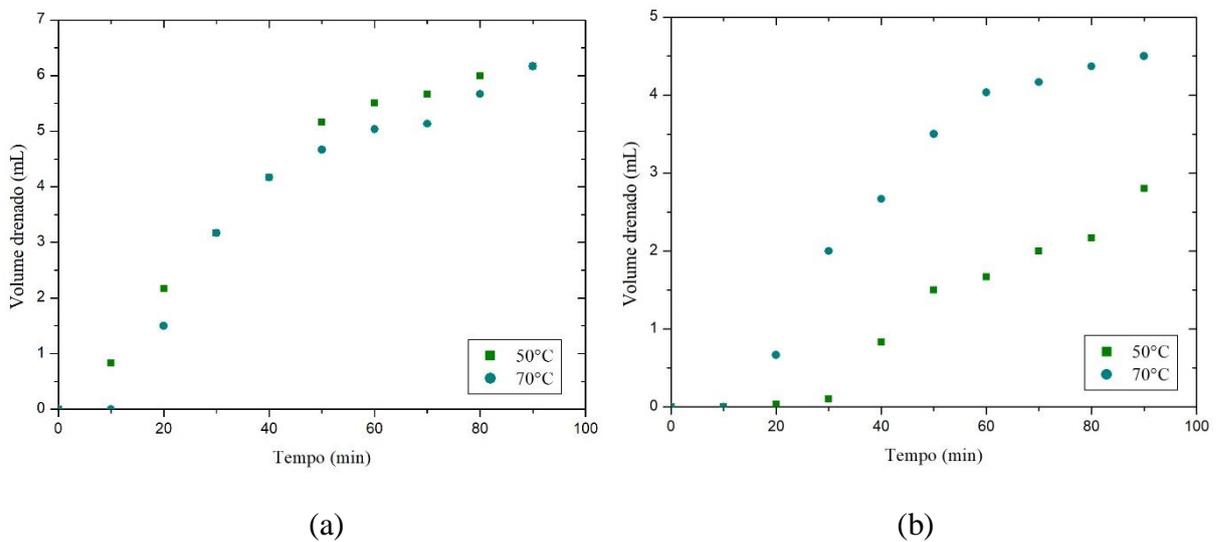


Na avaliação do tempo de agitação, pode ser observado, de forma geral, que o menor

tempo de agitação resulta em maior volume de líquido drenado e conseqüentemente em espuma menos estável. Porém, essa avaliação não foi observada nas condições da Figura 5.4 (b) em que o menor tempo de agitação proporcionou uma espuma levemente mais estável.

Na Figura 5.5 são mostradas as curvas do volume drenado da espuma para as condições dos fatoriais mínimos e máximos, respectivamente, do planejamento experimental fatorial completo.

Figura 5.5 - Estabilidade da espuma variando a temperatura para: a) tag = 4 min e C = 3% e b) tag = 6 min e C = 5%.



Na Figura 5.5 (a) pode ser observado que a mudança de temperatura não interferiu significativamente no valor final do líquido drenado, ou seja, não ocorreu interferência da temperatura para as condições do fatorial mínimo (C = 3% e tag = 4 min). Enquanto que, nas condições do fatorial máximo (C = 5%, tag = 6 min) a espuma mais estável foi obtida para temperatura mais baixa.

Entre os experimentos analisados, o experimento com condições máximas de concentração de entrecasca de juá (5%), tempo máximo de agitação (6 min) e temperatura mínima (50 °C), apresentou a espuma com melhor estabilidade, com perda de volume de 2,8 mL. As espumas com maior volume drenado (6,17 mL) e, conseqüentemente, menores estabilidades, foram as que apresentaram condições mínimas de concentração de espumante e tempo mínimo de agitação (3%, 4 min), correspondendo ao experimento 1 e 5 do planejamento fatorial.

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

A capacidade de incorporação de ar está relacionada com o volume de ar introduzido em uma solução, sendo determinado pelo aumento de volume da espuma formada (PEREIRA, 2015).

Na Tabela 5.1 são apresentados os valores iniciais do volume da polpa do fruto do cacauero e os volumes finais após a adição do espumante e batidura para as diferentes condições de concentração de espumante (3%, 4% e 5%) e tempo de agitação (4 min, 5 min e 6 min).

Tabela 5.1 - Valores da capacidade de incorporação de ar (*over run*) das espumas da polpa do fruto do cacauero nas diferentes condições.

Condições	Volume Inicial (mL)	Volume Final (mL)	%
3% e 4 min	250	1500	500,00
3% e 6 min	250	1500	500,00
5% e 4 min	250	1900	660,00
5% e 6 min	250	2300	820,00
4% e 5 min	270	2250	733,33

Pelos resultados obtidos, foi observado que o aumento na concentração do espumante, resultou em maiores valores de capacidade de incorporação. A menor porcentagem de incorporação de ar (500%) correspondem aos experimentos de menor concentração de espumante, enquanto o de maior incorporação de ar (820%), corresponde ao experimento de condição máxima do planejamento fatorial (concentração do espumante: 5% e tempo de agitação: 6 min).

5.1.3 Densidade e percentual de expansão

Na Tabela 5.2 são apresentados os valores das densidades (ρ) das espumas obtidas e os valores calculados para o percentual de expansão da espuma para as diferentes condições de concentração de espumante e tempo de agitação.

Tabela 5.2 – Valores da densidade e do percentual de expansão das espumas da polpa do fruto do cacauero nas diferentes condições.

Condições	V (mL)	m (g)	ρ (g/cm ³)	Expansão (%)
Polpa	100	90,48	0,9048	-
3% e 4 min	100	14,24	0,1424	535,39
3% e 6 min	100	14,18	0,1418	538,08
5% e 4 min	100	12,17	0,1217	643,47
5% e 6 min	100	13,93	0,1393	549,53
4% e 5 min	100	14,05	0,1405	543,99

A espuma que apresenta concentração de espumante igual a 5% e tempo de agitação igual a 4 minutos apresentou menor densidade. Sendo possível afirmar que o aumento na concentração do espumante resulta na diminuição da densidade da espuma.

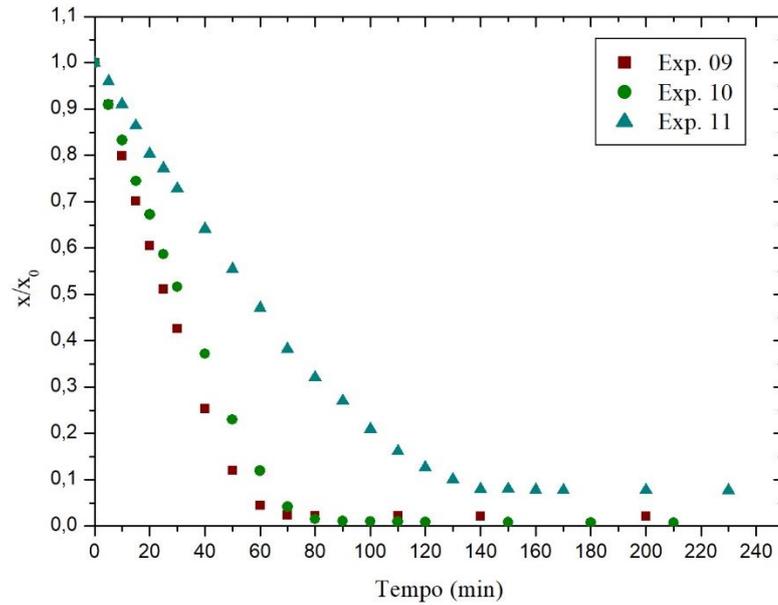
De acordo com Van Arsdel e Copley (1964), a faixa de densidade para a secagem em camada de espuma, deve ser no mínimo de 0,1 g/cm³ e o máximo compreendido entre 0,5 e 0,6 g/cm³. Sendo assim os valores de densidades obtidos no presente trabalho, estão conformes a faixa recomendada.

As densidades das espumas apresentam valores inferiores aos da polpa, o que mostra sua expansão. O maior valor de expansão foi observado para a condição de 5% de espumante e 4 min de agitação e o menor valor para a condição mínima (3% e 4 min), o que mostra que quanto maior a concentração do espumante, maior será a expansão da espuma.

5.2 SECAGEM EM CAMADA DE ESPUMA

Na Figura 5.6 são apresentadas as curvas de cinética de secagem da espuma da polpa do fruto do cacauero nas condições do ponto central do planejamento experimental fatorial completo.

Figura 5.6 - Curvas de cinética de secagem dos experimentos do ponto médio



Pela Figura 5.6 é observada a boa reprodutibilidade no comportamento da secagem nas condições do ponto central, principalmente entre os experimentos 9 e 10..

Para avaliar a interferência da concentração do espumante no comportamento da cinética de secagem foram comparados os pares de experimentos com os mesmos tempos de agitação e a mesma temperatura de secagem (Figuras 5.7 e 5.8).

Figura 5.7 - Curvas de secagem variando a concentração do júá na $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$: a) tag = 4 min e b) tag = 6 min

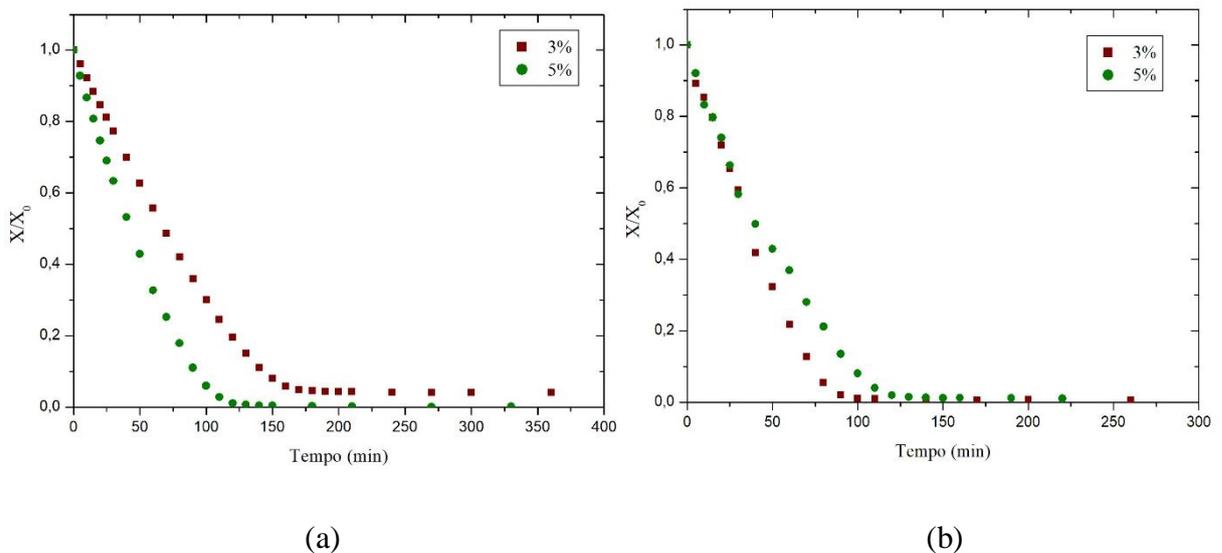
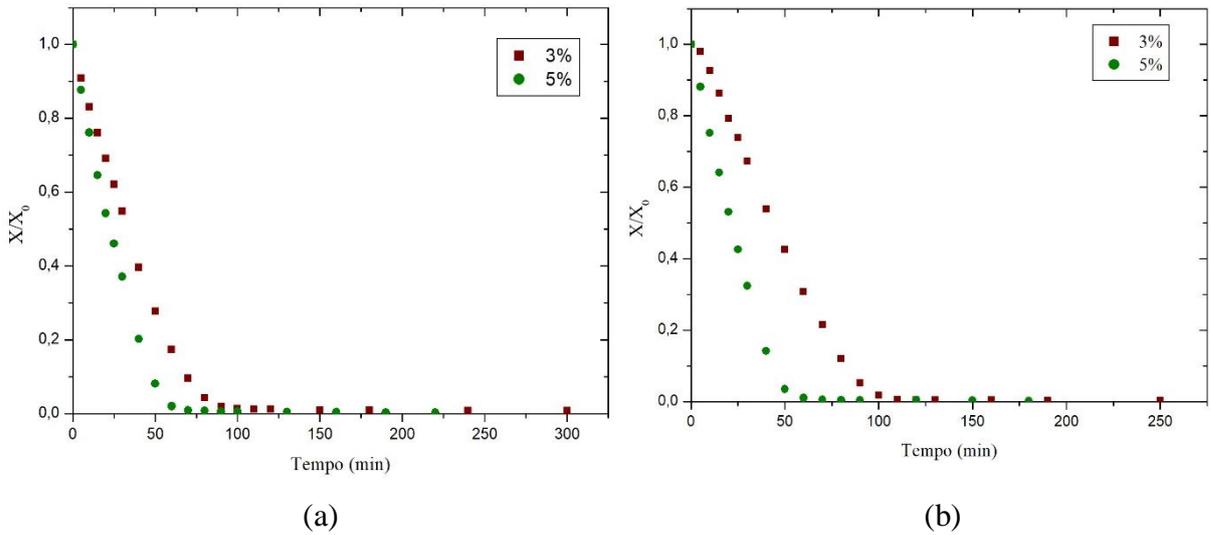


Figura 5.8- Curvas de secagem variando a concentração do juá na $T = 70^{\circ}\text{C}$: a) tag = 4 min e b) tag = 6 min.



Através dos resultados das Figuras 5.7 e 5.8, pode ser observado que a concentração do espumante tem influência no tempo de secagem, o aumento da concentração do espumante provocou uma diminuição no tempo de secagem em ambos tempos de agitação, isso ocorre porque concentrações maiores de espumante provocam espumas mais aeradas que consequentemente facilitam a secagem.

Nas Figuras 5.9 e 5.10 foram analisados o tempo de agitação para as temperaturas de 50°C e 70°C respectivamente.

Figura 5.9 - Curvas de secagem variando o tempo de agitação na $T = 50^{\circ}\text{C}$: a) 3% de juá. b) 5% de juá.

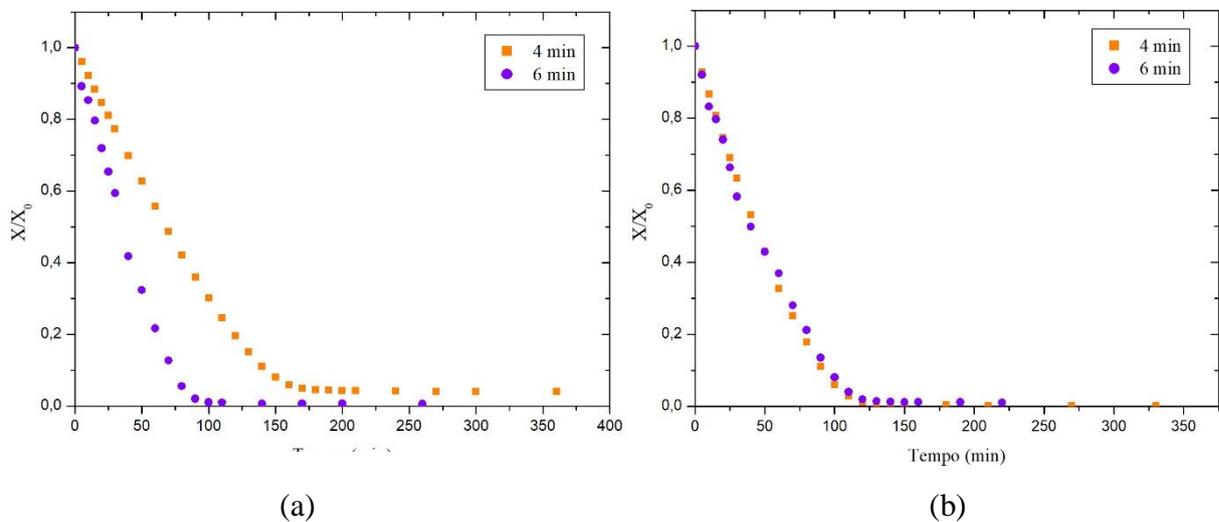
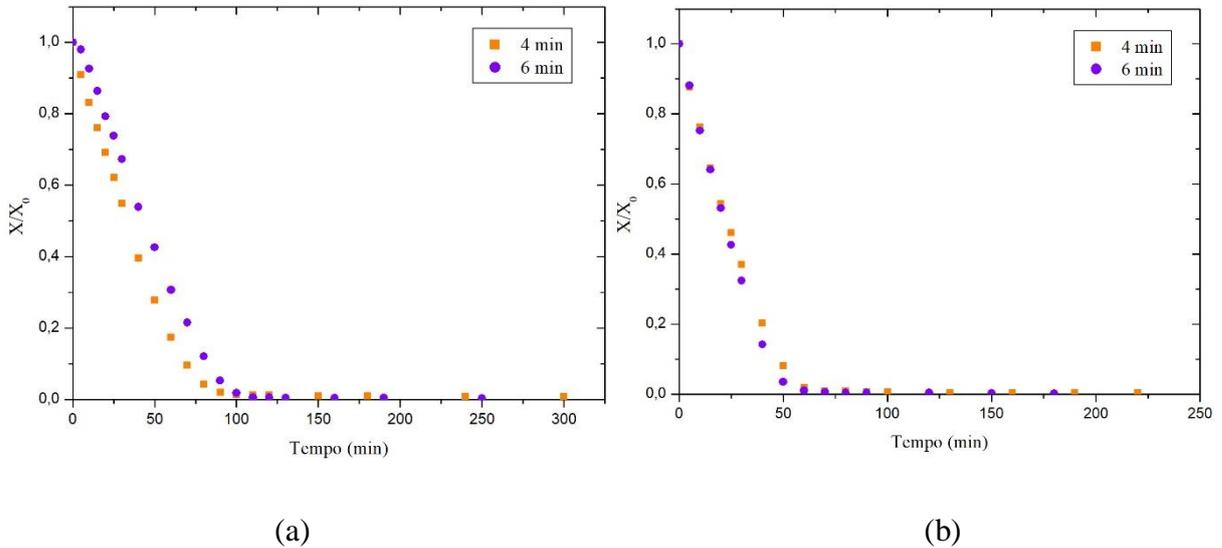


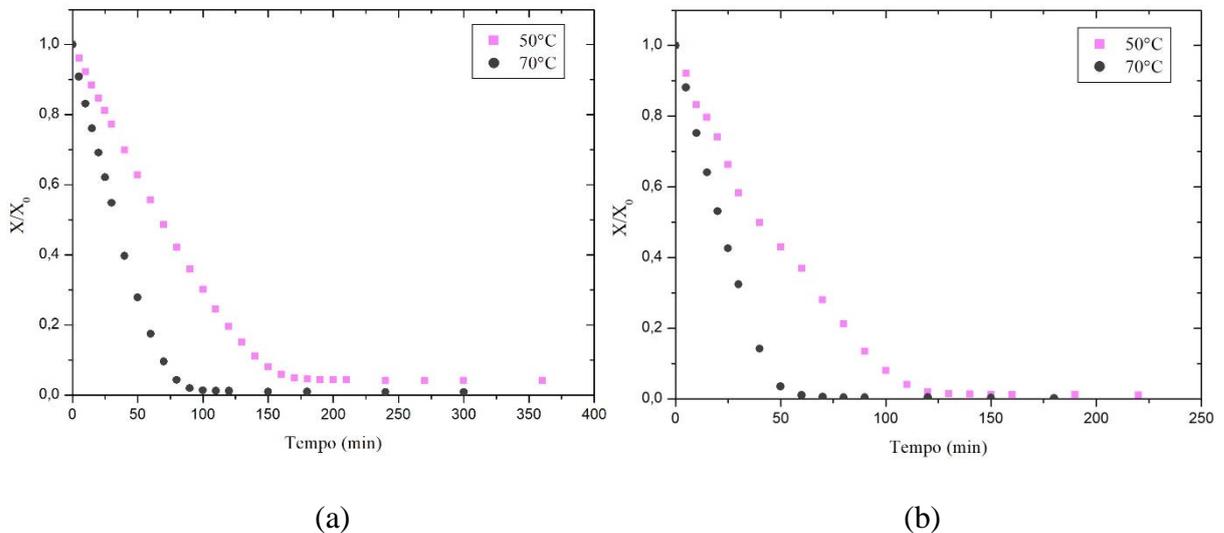
Figura 5.10 - Curvas de secagem variando o tempo de agitação na $T = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$: a) 3% de juá. b) 5% de juá.



Pelas Figuras 5.9 e 5.10 pode ser observado que o tempo de agitação não interferiu no comportamento da cinética de secagem, exceto para as condições mostradas na Figura 5.9 (a) ($T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $C = 3\%$).

Na Figura 5.11 são mostradas as cinéticas de secagem da espuma para as condições dos fatoriais mínimos e máximos, respectivamente, do planejamento experimental fatorial completo.

Figura 5.11 - Curvas de secagem variando a temperatura: a) tag = 4 min e $C = 3\%$ e b) tag = 6 min e $C = 5\%$.



Pela Figura 5.11 pode ser observado que a temperatura é a variável que influencia

fortemente no comportamento das curvas de cinética e no tempo final de secagem. Para temperatura maior a espuma seca mais rapidamente e o tempo de secagem é menor. Na Figura 5.11 (a) o tempo de secagem na temperatura de 50 °C foi de 360 min e na temperatura de 70 °C foi de 300 min. Na Figura 5.16 (b) o tempo de secagem na temperatura de 70 °C foi de 180 min e na temperatura de 50 °C foi de 220 min.

Na Tabela 5.3 são mostrados os tempos finais de secagem para as condições operacionais de cada experimento.

Tabela 5.3 - Resultados dos experimentos de secagem

N° do Experimento	Variáveis independentes			Variável dependente t_{final} (min)
	C (%)	t_{ag} (min)	T (°C)	
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	360
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	330
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	260
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	220
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	300
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	220
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	250
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	180
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	210
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	200
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	230

C = Concentração do espumante; t_{ag} =Tempo de agitação; T = Temperatura de secagem.

Dentre os 11 experimentos, o menor tempo de secagem foi o do experimento do ponto máximo (C = 5%, t_{ag} = 6min T=70 °C) do planejamento experimental fatorial completo com tempo final de secagem de 180 min, enquanto que o maior tempo de secagem foi o do experimento do ponto mínimo (C = 3%, t_{ag} = 4 min, T=50°C) do planejamento experimental, com 360 minutos de secagem.

5.3 PRODUTO OBTIDO

Após o término da secagem da polpa do fruto do cacauero em camada de espuma, o

material seco foi raspado da bandeja com o auxílio de uma espátula e foi armazenado em sacos de polietileno, onde foi reduzido a pó pela compressão com as mãos.

Por análise qualitativa, o pó obtido, em todas as condições de secagem, não possui odor forte característico e sua coloração é similar à polpa antes da secagem conforme mostrado na Figura 5.12.

Figura 5.12 - Pó obtido após a secagem



5.4 RENDIMENTO TEÓRICO

Os valores dos rendimentos teóricos do pó da polpa do fruto do cacauzeiro pela técnica da secagem em camada de espuma estão representados na Tabela 5.4, onde a média resultante dos 11 experimentos foi de aproximadamente $19,49\% \pm 1,63\%$.

Tabela 5.4 - Rendimento teórico dos experimentos de secagem em camada de espuma da polpa do cacau.

N° do Experimento	C (%)	t _{ag} (min)	T (°C)	Rendimento Teórico (%)
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	19,75
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	19,85
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	18,53
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	19,75
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	17,96
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	19,92
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	18,36
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	19,08
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	19,25
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	18,08
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	23,90

C = Concentração do espumante; t_{ag}=Tempo de agitação; T = Temperatura de secagem.

O maior rendimento obtido foi de 23,90% para o experimento 11 e o menor foi 17,96% para o experimento 5. Os pós obtidos apresentaram ótimos rendimentos quando comparado com alguns trabalhos na literatura, como a secagem em camada de espuma da babosa para utilização em formulação cosmética realizado por Bonfim (2019), que obteve o rendimento máximo de 8,49% em seus experimentos.

5.5 ATIVIDADE DE ÁGUA

A atividade de água assume grande importância para os alimentos devido à sua influência sobre a vida útil do produto. Alta atividade de água indica mais água livre para as reações bioquímicas e, conseqüentemente, vida útil mais curta (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Na tabela 5.5 são apresentados os valores da atividades de água dos pós obtidos nos 11 experimentos através da técnica de secagem em camada de espuma da polpa do cacau.

Tabela 5.5 - Atividade de água de cada pó obtido por secagem em camada de espuma da polpa do cacau

N° do Experimento	Variáveis independentes			A _w
	C (%)	t _{ag} (min)	T (°C)	
1	-1 (3)	-1 (4)	-1 (50)	0,397±0,004
2	+1 (5)	-1 (4)	-1 (50)	0,272±0,005
3	-1(3)	+1 (6)	-1 (50)	0,277±0,002
4	+1(5)	+1 (6)	-1 (50)	0,276±0,004
5	-1 (3)	-1 (4)	+1 (70)	0,277±0,002
6	+1 (5)	-1 (4)	+1 (70)	0,243±0,009
7	-1(3)	+1 (6)	+1 (70)	0,299±0,003
8	+1(5)	+1 (6)	+1 (70)	0,270±0,038
9	0 (4)	0 (5)	0 (60)	0,261±0,019
10	0 (4)	0 (5)	0 (60)	0,265±0,018
11	0 (4)	0 (5)	0 (60)	0,258±0,000

C = Concentração do espumante; t_{ag}=Tempo de agitação; T = Temperatura de secagem; A_w= Atividade de água

Através dos resultados, observa-se que o maior valor de atividade de água dos pós obtidos pela secagem em camada de espuma foi de 0,397±0,004 referente ao experimento do ponto mínimo do planejamento experimental (experimento 1) e o menor valor foi de 0,243±0,009 do experimento 6. Entre os experimentos 2 e 11, os valores foram semelhantes, não apresentando muita variação entre os diferentes níveis das variáveis independentes.

Os valores apresentados na tabela 5.5 demonstram que o pó obtido está em condições adequadas para armazenamento e conservação. Visto que, situam-se abaixo da faixa de crescimento microbiano, uma vez que geralmente alimentos com A_w menores que 0,6 são considerados microbiologicamente estáveis e a ocorrência de deteriorações é induzida por reações químicas ao invés de micro-organismos (QUEK, CHOK e SWEDLUND, 2007).

6 CONCLUSÕES

As espumas produzidas apresentaram boa estabilidade, sendo a espuma mais estável referente ao experimento 4 que possui maior concentração de espumante (5%), maior tempo de agitação (6 min) e menor temperatura de secagem (50 °C).

A capacidade de incorporação de ar e o percentual de expansão das espumas aumentam com o aumento da concentração do espumante, enquanto, a densidade diminui.

Todas as curvas de secagem apresentaram o comportamento típico da cinética de secagem. A temperatura foi a variável de entrada que mais apresentou influência no tempo final de secagem, uma vez que, o aumento da temperatura provocou a redução no tempo de secagem, sendo o pó referente ao experimento 8 (5%, 6 min e 70 °C) a análise que apresentou o menor tempo total de secagem (180 min).

O pó produzido em todas as condições de secagem, apresentou cor similar a polpa antes da secagem. A atividade de água do pó se manteve dentro da faixa considerada abaixo do crescimento microbiano. O pó da polpa do cacau obtido no processo apresenta um rendimento teórico médio de 19,49%, sendo esse rendimento não afetado pelas variáveis independentes da secagem.

Em suma, conclui-se que a secagem em camada de espuma da polpa do fruto do cacau apresenta-se como uma boa alternativa para obtenção da sua forma em pó.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, R. S.; CHAGAS, K.; MARQUES, H. I. P.; COSTA, P. R.; FILHO, J. C. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, 785-790, 2015.
- ALMEIDA, A. A. F.; VALLE, R. R. Ecophysiology of the cação tree. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. v. 19, n. 4, p. 425-448, 2007.
- ALVES, S. A. M. **Epidemiologia da vassoura de bruxa (*Crinipellis pernicioso* (STAHEL) SINGER) em cacauzeiros enxertados em Uruçuca, Ba.** 2002. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- AREGHEORE, E.M. Chemical evaluation and digestibility of cocoa (*Theobroma cacao*) byproducts fed to goats. **Trop Anim Health Prod.**, v. 34, p. 339, 2002.
- ARGOUT, X.; SALSE, J.; AURY, J.-M.; GUILTINAN, M. J.; DROC, G.; GOUZY, J.; ALLEGRE, M.; CHAPARRO, C.; LEGAVRE, T.; MAXIMOVA, S. N.; ABROUK, M.; MURAT, F.; FOUET, O.; JULIE POULAIN, J.; RUIZ, M.; ROGUET, Y.; RODIER-GOUD, M.; BARBOSA-NETO, J. F.; SABOT, F.; KUDRNA, D.; AMMIRAJU, J. S. S.; SCHUSTER, S. C.; CARLSON, J. E.; SALLET, E.; SCHIEX, T.; DIEVART, A.; KRAMER, M.; GELLEY, L.; SHI, Z.; BÉRARD, A.; VIOT, C.; BOCCARA, M.; RISTERUCCI, A. M.; GUIGNON, V.; SABAU, X.; AXTELL, M. J.; MA, Z.; ZHANG, Y.; BROWN, S.; BOURGE, M.; GOLSER, W.; SONG, X.; CLEMENT, D.; RIVALLAN, R.; TAHI, M.; AKAZA, J. M.; PITOLLAT, B.; GRAMACHO, K.; D'HONT, A.; BRUNEL, D.; INFANTE, D.; KEBE, I.; COSTET, P.; WING, R.; MCCOMBIE, W. R.; GUIDERDONI, E.; QUETIER, F.; PANAUD, O.; WINCKER.; BOCS, S.; LANAUD, C. The genome of *Theobroma cacao* L. **Nature Genetics**, v.43, p.101-109, 2001.
- BARRETO, I. M. A.; **Caracterização de polpa de pitanga roxa (*Eugenia unifora*) desidratada em leito de espuma.** 63 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2010.
- BASTOS, D.S.; SOARES, D.M.B.G.; ARAÚJO, K.G.L; VERRUMA BERNARDI, M. R. **Desidratação da polpa de manga “tommy atkins” utilizando a técnica de foam mat drying - avaliações químicas, físico-químicas e sensoriais.** Braz. Jour. Food Technol., v.8, n.4, p. 283-290, out./dez. 2005.
- BASTOS, V. S.; **Sucessão microbiana e dinâmica de substratos e metabólitos durante a fermentação espontânea de grãos de cacau (*Theobroma cacao* L.), variedade clonal TSH 565, cultivado no sul da Bahia.** Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- BATALHA, P. G. **Caracterização do cacau catongo de São Tomé e Príncipe.** 101 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.
- BONFIM, K. S. **Estudo da secagem da *Aloe Vera* (babosa) em camada de espuma (foam-mat drying).** 2017. 52p. Trabalho Final de Curso – Bacharelado em engenharia química, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 2017

BORGES, L. C. V.; CARVALHO, Y.; ALMEIDA NETO, J. X. Efeito de micronutrientes e calcário na cultura do arroz. In: SIMPÓSIO DA ESCOLA DE AGRONOMIA. 1., 1971, Goiás. **Anais**. Goiás: UFG, 1971. p.35-45.

BUAMAH, R.; DZOGBEIA, V. P.; OLDHAM, J. H. Pure yeast culture fermentation of cocoa (*Theobroma cacao* L): effect on yield of sweatings and cocoa bean quality. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.13, n. 4, p. 457–462, 1997.

BRUNETTO, M. R.; GUTIÉRREZ, L.; DELGADO, Y.; GALLIGNANI, M.; ZAMBRANO, A., GÓMEZ, A.; RAMOS, G.; ROMERO, C. Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a high-performance liquid chromatographic method with on-line sample cleanup in a switching-column system. **Food Chemistry**, v. 100, p. 59-467, 2007.

CARNEIRO, D. D. **Desidratação de alimentos por Foam-Mat Drying**. 9 p Seminário (Processamento de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008.

CARVALHO, G. G. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PREIRA, O. G.; AZEVEDO, J. A. G.; CARVALHO, B. M. A.; CAVALI, J. Valor nutritivo de silagens de capim-elefante emurcheado ou com adição de farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1495-1501, 2007.

CARVALHO, M. S. **Produção de Polpa de Abóbora em Pó Pelo Processo de Secagem em Leito de Espuma**. Dissertação (Magister Scientiae em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2014.

CEPLAC (COMISSÃO EXECUTIVA DO PLANO DA LAVOURA CACAUEIRA). **Cacau: história e evolução**, 2019. Disponível em: <http://www.ceplac.gov.br/radar/radar_cacau.htm>. Acesso em: 15 de agosto de 2019.

CHUNG B.; KENJI, Y.; KANG-WAN, I. Compositional Characterization of Cacao (*Theobroma cacao* L.) Hull). **Agric Chem Biotechnol.**, v. 46, p. 12-16, 2003.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; SOUSA, K. A.; GONÇALVES, D. N. Coeficiente de difusão efetivo e modelagem matemática da secagem de sementes de crambe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.10, p.1089–1096, 2011.

COSTA, I. I. S. **Definição de parâmetros para a secagem em camada de espuma (foam mat drying) da polpa do cacau**. 18 p. Relatório PIBITI 2018/2019, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

COSTA, M. S. S.; COSTA, L. A. M.; SESTAK, M.; OLIBONE, D.; SESTAK, D.; KAUFMANN, A.V.; ROTTA, S.R. Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão. **Eng Agríc**, v. 25. p. 540-548, 2005.

COSTA, J.M.C., MEDEIROS, M.F.D., MATA, A.L.M.L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, p.5-9,2003.

EFRAIM, P. **Contribuição à melhoria de qualidade de produtos de cacau no Brasil, através da caracterização de derivados de cultivares resistentes à vassoura-de-bruxa e de sementes danificadas pelo fungo.** 208 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

ELWERS, S., ZAMBRANO, A., ROHSIUS, C. H., LIEBEREI, R. Differences between the content of phenolic compounds in criollo, forastero and trinitário cocoa seed (*Theobroma cacao* L.). **European Food Research and Technology**, v. 229, n. 6, p. 937-948, 2009.

ENDRAIYANI V. University of New Jersey; USA: 2011. **Total Phenolic and Antioxidant Capacity of cocoa Pulp: Processing and Storage Study.** (MSc thesis) 105p.

FEMENIA, A.; SASTRE-SERRANO, G.; SIMAL, S.; GARAU, M.C. VALERIA, S.; ROSSELLO, E.C. Effects of air-drying temperature on the cell walls of kiwifruit processed at different stages of ripening. **LWT -Food Science and Technology**, v. 42, n. 1. p. 106 – 112, 2009.

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F. BOTREL, D. A.; ROCHA, V. V.; SOUZA, V. R.; LIMA, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1267-1278, maio/jun. 2014.

FREIRE, E.S.; ROMEU, A.P.; PASSOS, F.V. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos da pós-colheita do cacau.** Ilhéus. CEPLAC/ CEPEC. 24p, 1990.

FREIRE, E. S. et al. Aproveitamento de resíduos e subprodutos da pós-colheita de cacau. Ilhéus: CEPLAC/CEPEC. 24 p, 1990.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática.** 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

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

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização e isoterma de adsorção de umidade da polpa de acerola em pó. **Rev. Bras. de Produtos Agroind.**, v. 4, n. 2, p. 157 - 165, 2002.

HOLDEN, C. Cheers for chocolate. **Science**, Washington, v.284, n.5411, p.39, 2000.

ICCO (INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION). **Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics**, v. XLII, n.1, 2015. Disponível em: <http://www.icco.org/about-us/internationalcocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/45-statistics-other-statistics.html>. Acesso em: 20 de agosto de 2019.

JANGAM, S. V.; LAW, C. L.; MUJUMDAR, A. S. **Drying of Foods, Vegetables and Fruits.** v. 1, Singapore: Editora. 2010.

KALVATCHEV, Z.; GARZARO, D.; CEDEZO, F. G. *Theobroma cacao L.*: Un nuevo enfoque para nutrición y salud. **Agroalimentaria**, v. 6, p. 23-25, 1998.

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

KARIM, A. A.; WAY, C. C. Characteristics of foam prepared from star fruit (*Averrhoa carambola L.*) puree by using methyl cellulose. **Food Hydrocolloids**, v. 13, p. 203-210, 1999.

KEEY, R. B. **Drying of loose and particulate material**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, p. 215-251, 1992.

KONGOR, J. E.; HINNEH, M.; WALLE, D. V.; AFOAKWA, E. O.; BOECKX, P.; DEWETTINCK, K. Factors influencing quality variation in cocoa 58 (*Theobroma cacao L.*) bean flavour profile - A review. **Food Research International**, v.82, p. 44-52, 2016.

LECUMBERRI, E.; MATEOS, R.; IZQUIERDO, M.; RUPÉREZ, P.; GOYA, L.; BRAVO, L. Dietary fibre composition, antioxidant capacity and physicochemical properties of a fibre-rich product from cocoa (*Theobroma cacao L.*). **Food Chem.**, v. 104, p. 948-954, 2007.

LOBÃO, D. E. V. P. **Agroecossistema cacauero da bahia: cacauabruca e fragmentosflorestais na conservação de espécies arbóreas**. 108 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

LOPES, U. V.; MONTEIRO, W. R.; PIRES, J. L.; CLEMENT, D.; YAMADA, M. M.; GRAMACHO, K. P. Cacao breeding in Bahia, Brazil - strategies and results. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 1, p. 73-81, 2011.

LOPES, A. S.; PEZOA-GARCÍA, N. H.; AMAYA-FARFÁN, J. Qualidade nutricional das proteínas de cupuaçu e de cacau. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 263-268, 2008.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**, vol. 1, 4 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. p. 347.

LUTZ, A. (2008). Métodos físico-químicos para análise de alimentos (IV ed.).

MARQUES, G.M.R. **Secagem de 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.

MARTINI, M. H. **Caracterização das sementes de seis espécies de *Theobroma* em relação ao *Theobroma cacao L.*** 98 p. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

MATA, M.E.R.M.C.; DUARTE, M.E.M.; ALSEMO, G.C.S.; RODRIGUES, E.; GUEDES, A.; CAVALCANTI, A.S.R.R.M.; OLIVEIRA, C.C.A. Obtenção de graviola em pó pelo processo de liofilização. **Rev. Bras. de Prod. Agroind.**, v. 7, n. 2, p. 165 - 172, 2005.

MELO, K. D. S; FIGUEIRÊDO, R. M.F.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**, v. 26, n. 2, p. 10-17, 2013.

MELLONI, P. L. S. **Produção de Frutas Desidratadas**, Viçosa - MG: CPT, 2003.

MERCADO DO CACAU. **Produção brasileira de cacau em 2015**. Disponível em: <<http://mercadodocacau.com/artigo/producao-brasileira-de-cacau-em-2015>>. Acesso em: 11 ago. 2019.

MORAIS FILHO, Juvenal. **Viabilidade técnico econômica da diversificação vertical da produção de cacau**. 100 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1993.

MORORÓ, R. C. Aproveitamento dos derivados, subprodutos e resíduos de cacau. In R. R. M. VALLE (Ed.). **Ciência, tecnologia e manejo do cacau**, 2 ed. Ilhéus: Ceplac, p.597 e 653, 2012.

MOTAMAYOR, J. C.; LACHENAUD, P.; E MOTA, J. W. S.; LOOR, R.; KUHN, D. N.; BROWN, J. S.; CHNELL, R. J. Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L). **PLoS One**, v.3, n.10, p.1-8, 2008.

MUTHUKUMARAN, A.; RATTI, C.; RAGHAVAN V.G.S. Foam-mat freeze drying of egg white and mathematical modeling. Part I: Optimization of egg white foam stability. **Drying Technology**, v. 26, p.508–512, 2008.

NASCIMENTO, S. P. **Estudo da secagem do noni (*Morindacitrifolia* L.) em camada de espuma (*foam-mat drying*)**. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

NEGREIROS, J. K. **Secagem em camada de espuma do suco da romã, composto por sua polpa e casca**. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

NETO, B. A. M.; CARVALHO, E. A.; PONTES, K. V.; BARRETTO, W. S.; SACRAMENTO, C. K. chemical, physico-chemical and sensory characterization of mixed açai (*Euterpeoleracea*) and cocoa shoney (*Theobroma cacao* L.) jellies. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 35, n. 2, p. 587-593, 2013.

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Tecnologia de obtenção do cacau, produtos do cacau e chocolate. Barueri, SP: Editora Manole Ltda. p.612, 2006.

OETTERER, M. Cacau. In: SOUZA, J. S. I. (Org.). **Enciclopédia Agrícola Brasileira**, São Paulo: EDUSP, 1995. v. 2 – C – D. p. 33-40.

ORDÓÑEZ, J.A. et al. **Tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.

PARK, K.J.; ANTONIO, G.C.; OLIVEIRA, R.A.; PARK, K.J.B. **Apostila de conceitos de processo e equipamentos de secagem**. Campinas, 121 p, 2007.

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

PAZ, J. C. S. N. **Caracterização bioquímica da polifenoloxidase e da peroxidase de ameixa rubimel, polpa de cacau e estudo do efeito de agentes anti-escurecimento**. 100 p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

PEREIRA, T. S. **Estudo a secagem da clara de ovo em camada de espuma (*foam-matdrying*)**. 80 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais), Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015.

PETTIPHER, G.L. Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardized artificial cocoa pulp medium. **J. Sci. Food Agric.** 1986, 37, 297-309.

PIMENTEL, A. A. **Avaliação da capacidade antioxidante e quantificação de constituintes fenólicos de nibs e chocolate de variedades clonais de cacauero**. 99 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2016.

PIRES, J. L. **Avaliação quantitativa e molecular de germoplasma para o melhoramento de cacauero com ênfase na produtividade, qualidade dos frutos e resistência a doenças**. 226 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

QUEK, S.Y.; CHOK, N.K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, Lausanne, v.46, n.5, p.386-392, 2007.

PUGLIESE, A. G. **Compostos fenólicos do cupuaçu (*heoborma grandiflorum*) e do cupulate: composição e possíveis benefícios**. 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos alimentos), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

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.

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

RUSCONI, M., CONTI, A. *Theobroma cacao L.*, the food of the gods: A scientific approach be yond my ths and claims. **Pharmacological Research**, v.61, n.1, p. 5-13, 2010.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behaviour of ripe bananas. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 37, n. 1, p. 217-525, 2004.

SANTOS, R. X. **Aplicação biotecnológica de extrato de cascas do fruto de cacau: mecanismo de ação, atividade antimicrobiana e não genotóxica.** 133 p. Tese (Doutorado em Genética e Biologia Molecular), Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, 2013.

SANTOS, C. O. **Aproveitamento industrial de mel de cacau (*Theobroma cacao* L) na produção de geléia sem adição de açúcar.** 92 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de alimentos. Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2012.

SANTOS, C. O.; BISPO, E. S.; SANTANA, L. R. R.; CARVALHO, R. D. S. Use of “cocoa honey” (*Theobroma cacao* L.) for diet jelly preparation: alternative technology. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 3, p. 640-648, 2014.

SANTOS, E. P. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto noni (*Morinda citrifolia* Linn) - Estudo preliminar. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, 2015.

SENA, J. V. C. Produção e efetivo do cacau no nordeste. Informe Rural Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, ETENE. **Ambiente de Estudos Pesquisas e Avaliação – AEPA**, ano. 5, n. 2, 2011.

SILVA, A. S., GURJÃO, K. C., ALMEIDA, F. d., BRUNO, R. d., & PEREIRA, W. E. (2008). *Desidratação da polpa de tamarino pelo método de camada de espuma.* Ciência e Tecnologia de Alimentos.

SILVA, B. d. (2014). *Estudo da estabilidade da espuma da polpa de goiaba (*Psidium Guajava* L.): Efeito do uso de estabilizantes.* Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande.

SILVA FILHO, E. D.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GUIMARAES, M. K. A. Cinética de secagem em camada de espuma da polpa da manga cv. Haden. **Comunicata Scientiae**, v. 7, n. 3, p. 354 – 361, 2016.

SILVA, H. G. O.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F.; VELOSO, C. M.; CARVALHO, G. G. P.; CEZÁRIO, A. S.; SANTOS, C. C. Farelo de cacau (*Theobroma cacao* L.) e torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq) na alimentação de cabras em lactação: consumo e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1786-1794, 2005.

SILVA, J. d., AFONSO, A. D., & DONZELLES, S. M. (s.d.). *Secagem e Secadores.*

SILVA NETO, P.J.; MATOS, P.G.G.; MARTINS, A.C.S.; SILVA, A.P. **Sistema de produção de cacau para a Amazônia Brasileira.** Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Belém, PA, 2001. 125p.

SODRÉ, G. A.; VENTURINI, M. T.; RIBEIRO, D. O.; MARROCOS, P. C. L. Extrato da Casca do Fruto do Cacaueiro como Fertilizante Potássico no Crescimento de Mudanças de Cacaueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura** 34:881-887, 2012.

SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*).** 67 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal da Bahia, Itapetinga, 2011.

SOUZA, C.A.S.; DIAS, L.A.S.; AGUILAR, M.A.G. **Cacau: do plantio à colheita**. 1 ed. Viçosa, MG: Editora UFV, p. 9-40, 2016.

SOUZA, C.A.S.; DIAS, L.A.S. Melhoramento ambiental e sócio-economia. In: DIAS L.A.S. (Ed.) **Melhoramento genético do cacauzeiro**. Viçosa, MG: FUNAPE/UFG, 2001. p.1-48.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying: principles, applications, and design**. CRC Press, 1986. Disponível em: <<https://goo.gl/hPPGVD>> Acesso em: outubro, 2019.

TAVARES, C. A. M. Abóbora Tetsukabuto. **Seed News** 13: 24. 1999.

TELES, F. B.; RODRIGUES, I. C. B.; OLIVEIRA, M. H.; ZOTARELLI, M.. Secagem em leito de espuma de Hortelã Pimenta (*Mentha piperita* L.). **Anais do II Simpósio de Tecnologia e Ciência**. Patos de Minas, MG. 2016.

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

URBANSKI, J. J. Chocolate flavor/origins and descriptions. The effects of process and bean source. **The Manufacturing Confectioner**, v. 72, p.69-82, 1992.

VALENTAS, K. J.; ROTSTEIN E.; SINGH, R.P, **Handbook of food engineering practice**. 1. ed. Florida: CRC Press LLC, p. 143-158, 1997.

VAN ARSDEL, W. B.; COPLEY, M. J. **Food dehydration**. 2. ed. v. 2, 721 p. Westport: The Avi Publishing, 1964.

VERÍSSIMO, A. J. M. **Efeito da origem do cacau na sua qualidade comercial, funcional e sensorial. O caso do cacau catongo de São Tomé e Príncipe e do Brasil**. 2012. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Alimentar), Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012.

VRIESMANN, L.C.; AMBONI, R.D.M.C.; PETKOWICZ, C.L.O. Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): composition and hot-water-soluble pectins. **Ind. Crops Prod.**, v. 84, p. 1230-1236, 2011.

VRIESMANN, L.C.; TEÓFILO, R.F.; PETKOWICZ, C.L.O. Optimization of nitric acid-mediated extraction of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) using response surface methodology. **Carbohydr Polym.**, v. 84, p. 1230-1236, 2011.

ZHENG, X.Q.; ASHIHARA, H. Distribution, biosynthesis and function of purine and pyridine alkaloids in *Coffea arabica* seedlings. **Plant Sci.**, v. 166, p. 807–813, 2004.