

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE – CAMPUS CURRAIS NOVOS – RN**

ANA CRISTINA BEZERRA DA SILVA

**ESTUDOS DA VIABILIDADE DA SECAGEM DE POLPA DE MARACUJÁ
(*PASSIFLORA EDULIS*) PELO MÉTODO *FOAM MAT*.**

CURRAIS NOVOS

2015

ANA CRISTINA BEZERRA DA SILVA

**ESTUDOS DA VIABILIDADE DA SECAGEM DE POLPA DE MARACUJÁ
PELO MÉTODO *FOAM MAT*.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em Alimentos.

Orientadora: Prof. Dr^a Uliana Karina Lopes de Medeiros

Coorientador: Engenheiro Químico Leonardo de Almeida Marciano

Currais Novos - RN

2015

S586e Silva, Ana Cristina Bezerra da.

Estudo da viabilidade da secagem da polpa de maracujá (*Passiflora Edulis*) pelo método *Foam Mat.* / Ana Cristina Bezerra da Silva. Currais Novos,RN: IFRN, 2015.

55 f. : il.

Orientador: Dr^a Uliana Karina Lopes de Medeiros.

Coorientador: Eng. Químico Leonardo de Almeida Marciano

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2015.

Ficha elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca do Campus Currais Novos do IFRN.

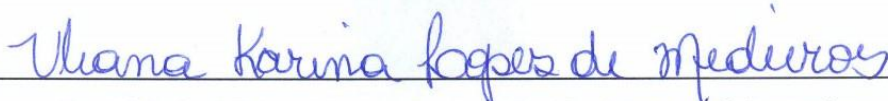
ANA CRISTINA BEZERRA DA SILVA

**ESTUDOS DA VIABILIDADE DA SECAGEM DE POLPA DE MARACUJÁ
(*Passiflora edulis*) PELO MÉTODO FOAM MAT.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Tecnóloga em Alimentos.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado e aprovado em 04/04/16, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Dr.^a. Uliana Karina Lopes de Medeiros – Orientadora



Prof.^a Ma. Thaysse Naianne Pires Dantas – Examinadora

IFRN – Currais Novos



Prof.^a Dr.^a. Odisséia Carla Pires Gaspareto – Examinadora

IFRN – Currais Novos

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por permitir alcançar mais uma vitória e por saber que ele foi o responsável por me dar forças para superar as dificuldades, mostrar o caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

A minha família em especial a minha mãe Margarida, por todo esforço, pelo incentivo e por entender a necessidade da minha ausência por muitas vezes, aos meus irmãos e cunhada que me apoiaram direta e indiretamente, aos quais em fase de minha caminhada contribuíram para a conclusão de meus objetivos e a minha sobrinha Edwiges pelos momentos de descontração.

Aos meus orientadores Leonardo e Uliana, por suas ajuda nos momentos mais críticos e contribuir para o meu crescimento profissional.

A Professora Thayse Nayane pela ajuda desde o início do trabalho.

Aos colegas de laboratório Carlos, Emília, Iranilson, Sanzia e Jaciara que me ajudaram em todos os momentos (até nos de choro), além de tornarem o processo muito mais divertido.

A coordenação e técnicos de laboratórios que não medem esforços para nos ajudar.

A Camilla Gurgel e a professora Maria de Fátima (UFRN) por me receber em seu laboratório, contribuindo para o desenvolvimento desta pesquisa.

As professoras Thayse e Odisséia, pela participação na banca e pelo enorme aprendizado nas disciplinas.

Aos professores do IFRN, que influenciaram positivamente em meu perfil acadêmico, que formou minha personalidade como profissional.

A Bibliotecária Katia pelas correções na formatação deste trabalho.

Ao IFRN pela oportunidade.

RESUMO

O maracujá é um fruto originário da América Tropical, sendo cultivado em países de climas tropical e subtropical, pertencente à família *Passifloraceae*, gênero *Passiflora*. O Brasil é o maior produtor mundial de maracujá, sendo o maracujá amarelo, o mais cultivado, tendo sua produção voltada ao consumo *in natura* e à industrialização. O Maracujá-amarelo é muito apreciado na alimentação humana pelo seu sabor intenso e aroma exótico, no entanto, a sua elevada perecibilidade dificulta o aumento da vida pós-colheita e armazenamento *in natura* dos frutos. Considerando as tendências atuais por alimentos nutritivos e de rápido preparo, a sua utilização sob a forma desidratada, consiste em uma interessante alternativa para a redução de perdas, agregar valor ao produto e proporcionar outras maneiras de consumo da fruta. Com base nessas informações, o objetivo do trabalho é estudar o processo de secagem pelo método camada de espuma (foam mat) obtida a partir da polpa de maracujá com diferentes formulações em estufa com circulação forçada de ar, avaliando a qualidade da espuma e a capacidade de obtenção da polpa de maracujá no estado sólido particulado. Foram testadas as temperaturas de 60°C, 70°C e 80°C e formulações compostas por polpa de maracujá e aditivos como (Emustab®, Liga Neutra®, soro de leite em pó, clara de ovo e albumina) nas concentrações de 1 a 5% e avaliadas quanto a densidade, estabilidade e expansão, sendo selecionada a formulação contendo albumina por apresentar melhores características quanto aos critérios avaliados. As espumas produzidas a partir dessa formulação selecionada foi disposta em bandeja de alumínio e desidratada em estufa com circulação de ar nas temperaturas 70°C até massa constante. O material seco foi desintegrado, sendo realizada a avaliação da solubilidade e do tempo de reconstituição. Com relação aos resultados, a polpa de maracujá em pó apresentou características adequadas ao processo com elevada solubilidade e curto tempo de reconstituição.

Palavras-chave: Fruta. Desidratação. Leito de espuma. Pó.

ABSTRACT

Passion fruit is a fruit originating from tropical America and is cultivated in countries with tropical and subtropical climates, belonging to the Passifloraceae family, genus *Passiflora*. Brazil is the largest producer of passion, and the passion fruit, the most cultivated, with production focused on fresh consumption and industrialization. The Passion Fruit-yellow is much appreciated in food for its intense flavor and exotic aroma, however, its high perishability hinders the increase in post-harvest and storage in natura fruits life. Considering the current trends for nutritious foods and fast preparation, their use in the dried form, is an interesting alternative to reduce losses, add value to the product and provide other fruit consumption ways. Based on this information, the objective is to study the process of drying the foam layer method (foam mat) obtained from the passion fruit pulp with different formulations in an oven with forced air circulation, evaluating the quality of the foam and the ability obtaining of passion fruit pulp in particulate solid form. the temperatures tested were 60 ° C, 70 ° C and 80 ° C and formulations composed of passion fruit pulp and additives such as (Emustab®, Alloy Neutra®, powder whey, and egg white albumin) in 1 concentrations 5% and evaluated for density, stability and expansion, being selected formulation containing albumin to present the best features about the criteria evaluated. Foams produced from this formulation selected was prepared aluminum tray and dried in an oven with air circulation at temperatures 70 ° C to constant weight. The dried material was disintegrated, the assessment being performed on solubility and reconstitution time. Regarding the results, the powdered passion fruit pulp showed characteristics suitable to process with high solubility and short time of reconstitution.

Keywords: Fruit. Dehydration. foam bed. Powder.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Curva típica de secagem	16
Figura 2	Modelo esquemático da secagem em camada de espuma <i>foam mat</i>	20
Figura 3	Esquema de provetas com funis e filtro de gases para a análise da estabilidade da espuma	29
Figura 4	Fluxograma de produção da polpa de maracujá pelo método <i>foam mat</i>	31
Figura 5	Cinética de estabilidade das espumas de polpa de maracujá com diferentes formulações em temperatura ambiente	39
Figura 6	Curva de secagem da espuma de maracujá para temperatura de 70°C	42
Figura 7	Pó de maracujá desidratado e reconstituído	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Pesquisas realizadas com o método de secagem <i>foam mat</i>	22
Tabela 2	Formulações testadas	27
Tabela 3	Densidade, expansão, estabilidade e fração de volume drenado da espuma obtida a partir da polpa de maracujá	36
Tabela 4	Análise físico-química da polpa de maracujá e das espumas	40
Tabela 5	Umidade, solubilidade e tempo de reconstituição da polpa em pó de maracujá, seca a 70°C.	43

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01	Densidade	28
Equação 02	Massa amostra	28
Equação 03	Expansão	28
Equação 04	Estabilidade	30
Equação 05	Fração de volume drenado	30
Equação 06	Acidez total titulável	33
Equação 07	Solubilidade	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1	MARACUJÁ	14
2.2	SECAGEM	15
2.2.1	Secagem <i>foam-mat</i>	18
2.3	ADITIVOS	23
2.3.1	Emulsificantes	23
2.3.2	Estabilizantes	24
2.3.3	Soro de leite em pó	25
2.3.4	Albumina	25
3	METODOLOGIA	26
3.1	MATERIAIS	26
3.2	ENSAIOS PRELIMINARES	26
3.2.1	Preparo das espumas	27
3.2.1.1	Determinação da massa específica e percentual de expansão das espumas	28
3.2.1.2	Avaliação da estabilidade das espumas	29
3.2.1.3	Cinética de estabilidade da espuma	30
3.2.1.4	Obtenção de polpa em pó pelo processo <i>foam-mat</i>	30
3.2.1.5	Cinética de secagem	32
3.3	ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS	32
3.3.1	Potencial hidrogeniônico (pH)	32
3.3.2	Acidez total titulável (ATT)	33

3.3.3	Sólidos solúveis totais (SST)	33
3.3.4	Umidade	34
3.3.5	Solubilidade	34
3.3.6	Tempo de reconstituição	35
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1	ENSAIOS PRELIMINARES	36
4.1.1	Cinética de estabilidade das espumas	38
4.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA E DA ESPUMA	40
4.3	AVALIAÇÃO DAS CURVAS DE SECAGEM	41
4.4	AVALIAÇÃO DO PÓ DE MARACUJÁ	42
4.4.1	Avaliação da solubilidade, umidade e tempo de reconstituição	42
5	CONCLUSÃO	45
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

A fruticultura é considerada uma das atividades mais dinâmicas da economia brasileira, apresentando-se com ótimas perspectivas econômicas, devido às condições climáticas favoráveis e o mercado consumidor em plena expansão. Além de atender ao mercado interno, a fruticultura brasileira também vem ganhando espaço no mercado internacional, com frutas tropicais, subtropicais e de clima temperado, aumentando assim o volume das exportações e as variedades de frutas exportadas. (FONSECA, 2010)

Dentre os frutos tropicais, destaca-se o maracujá, originário da América Tropical, cujo aroma e sabor são muito apreciados pelo consumidor brasileiro e seu suco muito consumido devido o alto valor nutritivo.

O maracujá *Passiflora edulis* é usado principalmente para fabricação de polpas e sucos, no entanto, devido a sua elevada perecibilidade dificulta-se o aumento da vida pós-colheita e armazenamento *in natura* desses frutos. O fruto do maracujazeiro é considerado de difícil conservação. Sob condições de armazenamento ao ambiente natural, seu aspecto visual fica comprometido em apenas três a sete dias, devido à intensa atividade respiratória e à excessiva perda de água pela transpiração (VIANA-SILVA *et al.*, 2010). Portanto, trata-se de um fruto altamente sensível o que acarreta em um reduzido período de conservação e comercialização.

Porém, tais obstáculos para conservação de alimentos no seu estado natural, podem ser solucionados mediante o uso de técnicas de conservação, sendo uma delas a desidratação. (BEZERRA, 2009)

A secagem tem como princípio remover água de um alimento, reduzindo assim, a deterioração microbiológica e as taxas de reações de degradação, e prolongar a disponibilização dos alimentos sazonais, impedindo a perda do valor comercial. Além da preservação, a desidratação reduz o peso e o volume do produto, aumentando a eficiência do transporte e do armazenamento. Também objetiva agregar valor ao alimento, fornecendo produtos de sabor diferenciado do mesmo *in natura*, tendo-se como consequência a instalação de um novo produto no mercado.

Dos processos de secagem destaca-se a secagem em leito de espuma. É um método relativamente simples, rápido e barato, possui como vantagem a utilização de baixas temperaturas, menor tempo de secagem e um produto final em forma de pó com fácil reidratação.

Os produtos alimentícios em pó são cada vez mais utilizados pela indústria de alimentos, uma vez que eles aumentam a vida de prateleira, reduzem significativamente os custos de certas operações como embalagens, transporte, armazenamento.

Com base nesse contexto, o presente trabalho iniciou estudos sobre o uso do processo de secagem pelo método camada de espuma foam mat obtida a partir da polpa de maracujá com diferentes formulações em estufa com circulação forçada de ar, avaliando a qualidade da espuma e a capacidade de obtenção da polpa de maracujá no estado sólido particulado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. MARACUJÁ

O maracujá pertence à ordem Passiflorales e à família Passifloraceae. A família Passifloraceae é composta por mais de 15 gêneros e cerca de 650 espécies. A característica morfológica mais marcante dessa família é a presença de uma coroa de filamentos nas flores. (ZAMBERLAN, 2007)

O maracujazeiro é uma planta trepadeira herbácea ou lenhosa, pode ser propagado de forma sexuada, através de sementes, e assexuada, pela utilização da estaquia, enxertia, alporquia e cultura de tecidos *in vitro*. Apesar de tantas opções, os produtores normalmente realizam a propagação através de sementes. Seu fruto é uma baga geralmente esférica, lisa, amarela, com diâmetro de 10 cm e peso máximo de 190 gramas, contendo várias sementes, cerca de 200 a 300 por fruto. A casca da fruta é grossa, de textura coriácea e pode ser amarela ou roxa. (LEORO, 2007)

Considerando que exista transferência de água da casca para a polpa do maracujá, a espessura da casca é uma característica importante, tanto para a indústria de suco concentrado, quanto para o mercado da fruta *in natura*, por ser inversamente proporcional ao rendimento da polpa. (VIANA-SILVA et al., 2010; COELHO; CENCI; RESENDE, 2011) A polpa, parte comestível do maracujá, é formada por sementes pretas cobertas de uma substância amarela e translúcida, ligeiramente ácida e de aroma acentuado. A água é o principal componente da polpa de maracujá. (LEORO, 2007)

O maracujá amarelo tem despertado grande interesse dos fruticultores, devido à sua rápida produção em relação a outras frutíferas e a sua grande aceitação no mercado. Ele é usado para consumo *in natura* e para a industrialização. (COELHO; CENCI; RESENDE, 2011) Este maracujá é bastante consumido, pois seu suco possui alto valor nutritivo e excelentes características organolépticas. No entanto, ele é um dos frutos tropicais de mais difícil conservação. Em temperatura ambiente possui vida de prateleira muito reduzida, em função da perda de água, que acelera o murchamento do fruto, facilitando sua contaminação por doenças, favorecendo o apodrecimento e a fermentação da polpa, que

comprometem o aspecto visual e deprecia o valor comercial do fruto. (Marchi et al., 2000)

O período de colheita do maracujá varia de 6 a 9 meses após o plantio, dependendo da região e das condições climáticas. Plantios efetuados nos meses mais próximos do verão permitem início de colheita mais precoce (6 meses) ao passo que plantios nos meses mais frios resultam em colheita mais tardia.

O suco e a polpa de maracujá são utilizados no preparo de diversos produtos, entre os quais podem ser citados: bebidas carbonatadas, bebidas mistas, xaropes, geleias, laticínios, suco em pó, sorvetes e alimentos enlatados. (CATELAM, 2010)

2.2. SECAGEM

É uma das técnicas mais antigas utilizadas pelo homem para a preservação de alimentos. Ela consiste na redução da atividade de água dos alimentos pelo processo de remoção da água presente no interior dos mesmos. Em relação aos outros métodos de conservação para períodos longos como a refrigeração, a apertização ou tratamentos químicos, a desidratação oferece custo mais baixo e operações mais simples. (RONCHETTI, 2014) A remoção de água diminui a atividade de água do produto, inibindo o desenvolvimento de microrganismos e retardando deteriorações de origem físico-química. (CANO-CHAUCA et al., 2004)

A secagem é uma das operações industriais mais usadas na prática, tanto para o acabamento final ou equilíbrio da umidade própria dos diversos materiais processados com o ar ambiente, como é o caso das madeiras e de seus derivados, das borrachas, dos couros, dos plásticos, da celulose e seus derivados, como para a sua melhor conservação, como é o caso dos cereais, dos alimentos e dos materiais perecíveis de uma maneira geral. (COSTA, 2007)

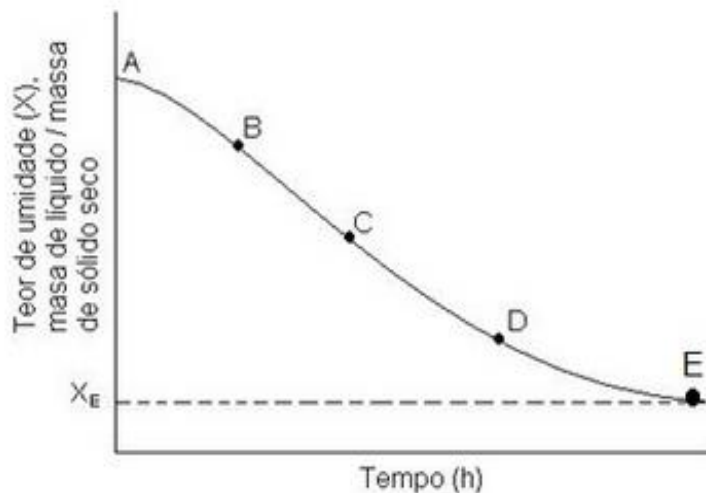
O principal objetivo da secagem é permitir longos períodos de estocagem, minimizar a massa e conseqüentemente a quantidade de material a ser embalado e transportado.

As frutas e hortaliças caracterizam-se pelo alto teor inicial de água, sendo considerados produtos perecíveis. Portanto, o processo de secagem implica em considerável redução de custo em transporte e manipulação do produto, além de proporcionar efetivo prolongamento de sua vida útil. (CANO-CHAUCA et al., 2004)

Existe vários tipos de secadores destinados a secagem em alimentos, o tipo de secador será definido baseado em muitos fatores, incluindo características do alimento a ser desidratado (líquido ou sólido), facilidade de processamento, volume processado, forma do produto final, qualidade e custo final do produto. A secagem por *spray dryer* é a mais tradicional na obtenção de pó. A secagem por liofilização tem um alto custo e é utilizada para produtos com alto valor agregado. Outros métodos de secagem existentes para a produção de pó, com menos tradição, são a secagem por leite de jorro e leite fluidizado que apresentam baixo custo de investimento e produção. (RIBEIRO, 2005)

Durante o processo de secagem, a temperatura e a umidade do ar de secagem devem ser constantes e todo o calor é fornecido à superfície do alimento por convecção. Três etapas características podem ser observadas, denominadas período de indução/ estabilização, período de taxa constante e período de taxa decrescente. A curva típica de secagem pode ser observada na Figura 1.

Figura 1- Curva típica de secagem – Teor de umidade em função do tempo.



Fonte: PARK et al., 2007.

Vale salientar que embora a forma que está na figura 1, seja típica, existe a possibilidade de obtenção de qualquer outra forma. A explicação da curva típica de secagem segue de acordo como descrito por Park et al., 2007.

Trecho AB a temperatura do sólido é menor que a temperatura ambiente. O calor transferido do ar para o sólido é maior do que o calor retirado do sólido para evaporar água.

Trecho BC é o período de taxa constante. A temperatura do sólido é igual a temperatura ambiente, é caracterizado pela velocidade de secagem ser inalterada com a diminuição do teor de umidade. O calor é transferido para a superfície de secagem do sólido basicamente por convecção.

Trecho CDE é o período de taxa decrescente. Inicia quando a umidade do sólido atinge um valor determinado chamado umidade crítica. Este trecho pode ser dividido em duas zonas: zona de superfície de secagem não-saturada e zona em que o fluxo interno de água controla o processo.

Zona de superfície de secagem não-saturada (trecho CD): Segue-se imediatamente a umidade crítica. Neste estágio, a superfície do sólido apresenta áreas secas que se ampliam na proporção em que a secagem prossegue. Consequentemente a taxa de secagem diminui uma vez que a mesma é relativa a toda a área do sólido em contato com o ar. A evaporação ocorre na superfície do sólido e a resistência a difusão interna do líquido é pequena comparada com a resistência para remover o vapor da superfície. A temperatura do sólido aumenta, pois recebe do ar a mesma quantidade de calor que corresponderia ao período de taxa constante, sem, no entanto, ocorrer igual evaporação.

Zona em que o fluxo interno de água controla a operação (Trecho DE): Caracteriza-se pelo fato de que o fluxo interno de água controla a taxa de secagem. Os fatores que influenciam a taxa de secagem são os mesmos que afetam a difusão da água através de sólidos. Observa-se que a umidade do ar não tem efeito na taxa de secagem, mostrando que esta depende da resistência a difusão da água. A medida que a quantidade de umidade diminui por causa da secagem, a velocidade da difusão interna da umidade decresce.

Ponto E a taxa de secagem aproxima-se de zero, num certo teor de umidade de equilíbrio, que é o menor teor de umidade atingível no processo de secagem.

2.2.1 Secagem *foam mat*

O método de secagem em camada de espuma *foam mat* foi desenvolvido na década de 1950 por Morgan et al. (1961) e sua equipe na Califórnia, EUA, e patenteada em 1961. É uma técnica que promove rápida secagem de alimentos líquidos, tais como sucos de frutas, e vem sendo muito utilizada também para alimentos pastosos como purê ou polpas de frutas. (MARQUES, 2009)

O líquido é convertido em uma espuma estável por meio da adição de agentes espumantes, em batedeiras ou outros equipamentos geradores de espuma. (BRENNAN, 1994; FELLOWS, 2006) Em seguida, a espuma é espalhada sobre uma superfície, utilizando-se geralmente camada com espessura em torno de 1cm.

Muitos alimentos naturalmente contêm proteínas solúveis e monoglicerídeos capazes de produzirem espumas quando batidos, como o leite, no entanto, as espumas produzidas podem ser insatisfatórias para a secagem, sendo necessário também adicionar agentes espumantes e estabilizadores para induzir a formação de espuma e para dar estabilidade adequada à secagem. (SANKAT; CASTAIGNE, 2004)

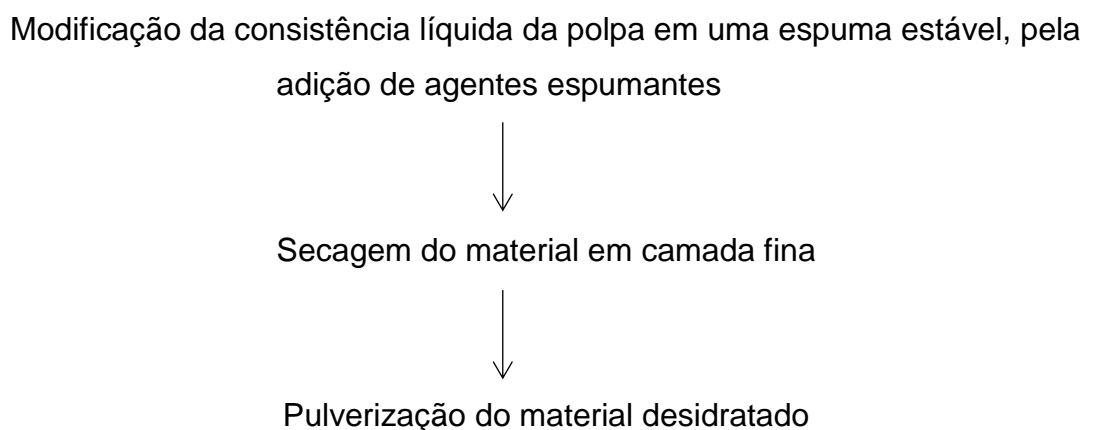
As principais vantagens desse método, quando comparado a outros métodos são as baixas temperaturas e curtos tempos de secagem. (BRYGIDYR; RZEPECKA; MCCONNEL, 1977) Entre elas, destacam-se: baixa temperatura de operação, tempo de secagem mais curto devido à maior área de superfície exposta ao ar e maior velocidade de secagem. Estes fatores superam o fato da transferência de calor interna ser comprometida pelo grande volume de gás presente na massa de espuma. O processo além de permitir uma rápida remoção de água, promove a obtenção de um produto poroso e de fácil reidratação, sendo aplicada em muitos alimentos sensíveis ao calor, como os sucos de frutas. (BASTOS et al., 2005; KUDRA; RATTI, 2006; SANKAT; CASTAIGNE, 2004) A escolha do tempo e da temperatura de secagem depende do produto a ser desidratado.

Segundo Apenburg (1971), o produto obtido pelo processo *foam-mat* tem qualidade comparável ao obtido pela secagem a vácuo ou por liofilização, tendo como vantagem o baixo custo de processamento aliado a boa retenção do aroma e sabor e facilidade de reconstituição em água. Além disso, o processo pode ser realizado em equipamentos diversos, simples, contínuos ou descontínuos, podendo ser utilizado gás inerte quando necessário.

A espuma aumenta a eficiência de secagem porque aumenta a área superficial e a capilaridade através dos poros da espuma facilita a perda da umidade. Isso faz com que a secagem de uma camada de espuma seja aproximadamente três vezes mais rápida do que a secagem de uma camada similar de líquido. (FRANCIS, 2000)

Bates (1964), além dos teores de sólidos solúveis e insolúveis presentes no material, a natureza química da fruta, do agente emulsionante e a natureza e concentração do agente estabilizante influenciam na estabilidade e formação da espuma. Para Van Arsdel (1964), é de fundamental importância observar a densidade da espuma obtida, cujo valor mínimo deve ser de $0,1 \text{ g/cm}^3$ e o máximo compreendido entre $0,5 \text{ g/cm}^3$ e $0,6 \text{ g/cm}^3$.

Segundo TRAVAGLINI et al., (2001), esse processo consiste basicamente em três etapas:

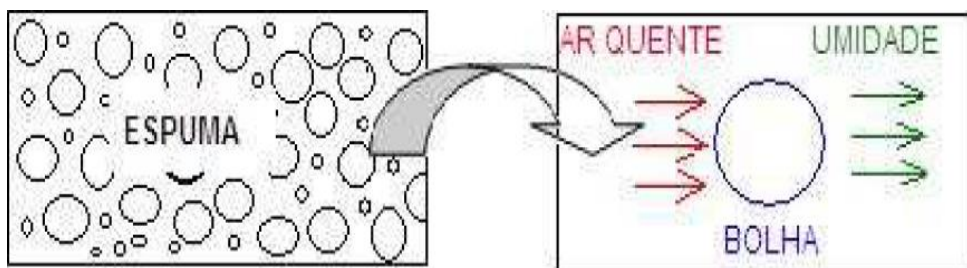


Esse tipo de processo consiste basicamente de três etapas: modificação na consistência líquida do suco ou polpa em uma espuma estável, pela adição de agentes espumantes, secagem do material em camada fina e pulverização do material desidratado. (TRAVAGLINI; AGUIRRE; SIQUEIRA, 2001)

A Figura 2 apresenta um modelo esquemático do mecanismo de secagem pelo processo *foam-mat*. O esquema apresentado pode ser entendido como a

formação de espuma em um primeiro momento, a qual se caracteriza por sua grande superfície podendo ser estendida em camada delgada. Quando exposta a corrente de ar quente seca facilmente, devido ao movimento da umidade pelas forças capilares, através da película líquida que separam as bolhas da espuma. (GURGEL, 2014)

Figura 2 - Modelo esquemático da secagem em camada de espuma *foam mat*.



Fonte: Dantas, 2010.

De forma geral, espumas que não colapsarem durante pelo menos uma hora a temperatura ambiente, são consideradas mecanicamente ou termicamente estáveis para o processo inteiro de secagem. Termicamente, espumas estáveis conservam a sua estrutura porosa, o que ajuda na melhoria das propriedades de reconstituição do produto seco. (BAG; SRIVASTAV; MISHRA, 2011)

Karim e Wai (1999) estudaram as características de uma espuma de carambola preparada a partir da adição do carboximetilcelulose (CMC) ao purê da fruta desidratada nas temperaturas de 70 e 90°C. Os autores verificaram que a concentração do CMC influenciava na densidade da espuma, ou seja, quanto maior a concentração do agente estabilizante, menor a densidade da espuma e maior o tamanho da bolha formada.

Silva, et al (2008) avaliaram a cinética de secagem da polpa de tamarindo pelo método de camada de espuma *foam mat*, a 50, 60, 70 e 80°C, e avaliaram o efeito dessas temperaturas no teor de ácido ascórbico, acidez total titulável e na cor, expressa pelo parâmetro luminosidade (L^*) matiz (h°). De acordo com os resultados obtidos, observou-se que a temperatura é um fator determinante no processo de

secagem. As temperaturas que apresentaram melhores resultados para o teor de ácido ascórbico, acidez titulável e cor foram as de 60 e 70° C.

Marques (2009) utilizou a técnica de secagem em camada de espuma para desidratar caldo de cana a 50, 60 e 70° C. Verificou que a umidade do pó teve uma redução de 99,23% e a atividade de água de 63,62%. O autor observou que a temperatura de 70°C apresentou um menor tempo de secagem.

Dantas (2010) avaliou o processo de secagem das polpas de abacaxi e manga pelo método *foam mat* analisando o efeito da temperatura (60 e 70°C) e espessura da camada de espuma (4 e 11mm) sobre a secagem. A temperatura de 70°C e a espessura de 4mm forneceram maiores taxa de secagem. Os pós das frutas desidratadas a 70°C apresentaram maior retenção de ácido ascórbico devido ao menor tempo de exposição das espumas ao calor.

Gurgel (2014) estudou o método de secagem da polpa de graviola em camada de espuma, avaliando-se o desempenho do processo e as características do produto obtido. Estudaram-se os efeitos da temperatura (50°C, 60°C e 70°C), espessura da camada (0,30 cm, 0,45 cm e 0,60 cm) e concentração de leite (0%, 20% e 40%) na cinética de secagem, avaliando-se o comportamento das curvas e as características físico - químicas do produto em pó. A secagem apresentou predominante período de taxa constante e às taxas específicas foram calculadas a partir da inclinação das retas ajustadas aos dados experimentais de massa de água evaporada. A adição do leite promoveu maior expansão da espuma facilitando a secagem e aumentando as taxas, diminuiu a acidez do produto, todavia prejudicou a reconstituição do pó diminuindo a solubilidade e aumentando o tempo de reconstituição. A graviola em pó apresentou características adequadas para conservação, com elevada solubilidade do pó e curto tempo de reconstituição.

Os produtos em pó apresentam baixa atividade de água, o que dificulta ou impede o crescimento microbiano, maiores responsáveis por sua degradação, ocasionando, assim, um prolongamento na durabilidade dos alimentos.

A produção de polpa em pó é utilizada para o consumo de alimento na forma direta, como para ingredientes industriais utilizados no processamento de outros produtos, como saborizantes, corantes e medicamentos.

Pesquisas demonstram o uso de polpas em pó obtidas pelo método de secagem *foam mat*, como mostra a tabela 1.

Tabela 1- Pesquisas realizadas com o método de secagem *foam mat*.

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

Fonte: Elaborado pelo Autor.

2.3 ADITIVOS

Segundo a Portaria nº 540, de 27 de outubro de 1997 do Ministério da Saúde, aditivo alimentar é todo e qualquer ingrediente adicionado intencionalmente aos alimentos sem o propósito de nutrir, com o objetivo de modificar as características físicas, químicas, biológicas ou sensoriais, durante a fabricação, processamento, preparação, tratamento, embalagem, acondicionamento, armazenagem, transporte ou manipulação de um alimento. (BRASIL, 1998)

No processo de secagem *foam mat* é utilizado os emulsificantes com a finalidade de fortalecer a interface e manter a estrutura da espuma durante o processo de secagem. Os estabilizantes atuam absorvendo e fixando a água livre, retardando a viscosidade, melhorando a textura, conferindo-lhe cremosidade. (GURGEL, 2014)

2.3.1 Emulsificantes

Segundo a Portaria nº 540, emulsionante/emulsificante é a substância que torna possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento. (BRASIL, 1998)

Na indústria alimentícia, os emulsificantes mais utilizados são as proteínas, os tensoativos de baixa massa molecular e os fosfolipídios. As proteínas facilitam a formação dos filmes interfaciais através da diminuição da tensão superficial interfacial, garantindo ainda a estabilidade dos filmes e da emulsão ao longo do tempo. (MCCLEMENTS, 1999)

Para aumentar estabilidade cinética das emulsões, tornando-as estáveis e homogêneas, é necessário o uso de surfactantes que são substâncias cujas moléculas possuem porções hidrofóbicas e hidrofílicas. Uma das propriedades fundamentais dos surfactantes é a forte tendência de ser absorvido nas superfícies e interfaces, reduzindo a tensão superficial. (SALAGER; ANDÉREZ; FORGIARINI,

2003) Os agentes emulsivos reduzem a tensão interfacial ou criam uma repulsão física entre gotículas da fase interna. (FORMARIZ et al., 2004)

O aditivo comercial Emustab®, em particular, é de baixo custo e tem apresentado bons resultados como emulsificante. Este produto é composto dos estabilizantes: monoglicerídeos de ácidos graxos destilados (tensoativo/ agentes de aeração estabilizador de cristalização), monoestearato de sorbitana (estabilizante), polioxietileno de monoestearato de sorbitana (tensoativo) e apresenta o sorbato de potássio como conservante. (GURGEL, 2014)

2.3.2 Estabilizantes

Estabilizante é a substância que torna possível a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento. Portanto, todo emulsificante é um estabilizante, mas nem todo estabilizante é um emulsificante. Os estabilizantes podem também atuar como espessantes, como é o caso da goma agar-agar, da carboximetilcelulose (CMC) e dos monos e diglicerídeos. (EVANGELISTA, 1998)

Entre os estabilizantes mais utilizados na indústria alimentícia estão às gomas guar e locusta, a carboximetilcelulose (CMC), as carragenas, os alginatos, a gelatina e a pectina, e as suas combinações. (SOLER; VEIGA, 2001)

A Super Liga Neutra® (estabilizante) é um produto industrial a base de sacarose e dos espessantes carboximetilcelulose (CMC) e goma guar, é apresentada em forma de pó, enquanto o emulsificante é um gel. Atua como estabilizante nos alimentos absorvendo e fixando a água livre, retardando a viscosidade, melhorando a textura, conferindo cremosidade e evitando o rápido derretimento. (GURGEL, 2014)

2.3.3 Soro de leite em pó

O soro de leite é um coproduto da indústria de laticínios que representa a porção aquosa do leite que se separa do coágulo durante a fabricação de queijo ou da caseína, apresentando-se como um líquido opaco e de cor amarelo-esverdeada. (GUIMARÃES; TEIXEIRA; DOMINGUES, 2010)

A concentração do soro leva à formação de produtos proteicos que podem ser utilizados como ingredientes, melhorando as propriedades tecnofuncionais dos alimentos como, solubilidade, gelificação, viscosidade, emulsificação e formação de espuma. (WALZEM; DILLARD; GERMAN, 2002)

2.3.4 Albumina

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

A albumina *in natura* deve ser límpida, transparente, consistente, densa, com pequena porção fluida. Corresponde a dois terços do volume do ovo sem casca. (SARCINELLI; VENTURINE; SILVA, 2007)

É uma fonte natural de proteínas com interesse nutricional, biológico e tecnológico. As proteínas da clara do ovo são extensivamente usadas no processamento alimentar pelas suas propriedades funcionais excepcionais (gelificante e espumante), assim estas proteínas são desejadas em muitos alimentos como os produtos de pastelaria, produtos de carne, bolachas e molhos. (VACHIER; PIOT; AWADÉ, 1995)

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, localizado no município de Currais Novos, RN, durante o período setembro de 2015 a fevereiro de 2016.

3.1 MATERIAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados maracujás orgânicos (*Passiflora edulis*), provenientes dos pomares do IFRN Campus Currais Novos. Os frutos foram selecionados e depois lavados com solução de hipoclorito de sódio 150 ppm por 15 minutos. Após a sanitização, os frutos foram cortados ao meio e despolidos manualmente com a ajuda de peneiras e de espátulas metálicas, sendo a polpa acondicionada em garrafas de polietileno com capacidade para 1 litro, em seguida armazenada em *freezer*, onde permaneceu até posterior uso. Os aditivos foram adquiridos em comércio local. Foram testadas diferentes formulações com aditivos formadores e fixadores da espuma como, liga neutra, emustab®, albumina, soro de leite em pó e clara de ovo.

3.2 ENSAIOS PRELIMINARES

Os ensaios preliminares realizados neste trabalho tiveram como objetivo avaliar as formulações que melhor se adequasse ao processo de secagem em estudo. Pesquisou-se na literatura trabalhos, como os desenvolvido por Dantas (2010) e Gurgel (2014), que utilizaram a secagem de polpas de frutas pelo método *foam mat*, a fim de elaborar uma formulação que garantisse uma boa eficiência durante todo o processo. Foram realizados testes com formulações distintas de

espumas, preparadas a partir da polpa de maracujá, com diferentes concentrações de adjuvantes (albumina, pectina, soro de leite em pó, clara de ovo, emustab® e/ou liga neutra), as quais variaram de 1% a 5%, conforme a Tabela 2. Também foram avaliadas as condições relativas à temperatura (60°C, 70°C e 80°C) e observados a influência de parâmetros constitutivos de equipamentos, como tamanho da estufa e acessórios (área de exposição com o tamanho da superfície da placa contendo a espuma), utilizados durante o processo de secagem. As espumas foram avaliadas quanto à densidade, estabilidade e expansão. Foi escolhida a espuma que apresentou menor densidade e maior expansão. A temperatura foi avaliada por meio de processo visual da qualidade final do produto obtido, a que apresentou melhor aspecto foi à temperatura de 70°C, como já descrito na literatura é a temperatura mais utilizada neste processo.

Tabela 2. Formulações testadas

Formulação	Emustab®	Liga Neutra	Pectina	Soro em pó	Albumina <i>in natura</i>	Albumina em pó
F1	1%	1%	1%			
F2	1%	1%				
F3	2%	2%		2%		
F4	1%	1%			1%	
F5						5%

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.2.1 Preparo das Espumas

A preparação da espuma foi realizada conforme metodologia descrita por Dantas (2010). A polpa de maracujá foi previamente descongelada e pesada, adicionando-se os aditivos nas proporções especificadas na tabela 2. A mistura passou por um processo de agitação constante em batedeira doméstica da marca Mallory giro máster na velocidade máxima durante 20 minutos, ao final da agitação a

espuma era submetida à avaliação de densidade, estabilidade, umidade, pH e sólidos solúveis totais (SST).

3.2.1.1 Determinação da massa específica e percentual de expansão das espumas

Para avaliar o percentual de expansão das espumas, determinaram-se as massas específicas da polpa e da espuma. As densidades foram medidas utilizando provetas graduadas de 50 ml. Com os valores foi possível obter o percentual de expansão das espumas. As medidas foram realizadas em triplicata.

Para o cálculo da densidade da polpa e da espuma foram utilizadas as Equações 1 e 2.

$$\rho_{amostra} = \frac{m_{amostra}}{V_{probeta}} \quad (1)$$

$$m_{amostra} = m_{probeta + amostra} - m_{probeta vazia} \quad (2)$$

Onde:

$\rho_{amostra}$ = densidade da amostra (g/cm³)

$m_{amostra}$ = massa da amostra (g)

$V_{probeta}$ = volume da proveta (cm³)

A expansão das espumas foi calculada a partir da equação 3.

$$Exp(\%) = \frac{\frac{1}{\rho_{espuma}} - \frac{1}{\rho_{polpa}}}{\frac{1}{\rho_{polpa}}} \times 100 \quad (3)$$

Onde:

Exp = expansão da espuma (%)

ρ_{polpa} = densidade da polpa (g/cm^3)

ρ_{espuma} = densidade da espuma (g/cm^3)

Quanto menor a massa específica das espumas mais rápido e mais fácil é a difusão da água através da espuma na secagem. (THUWAPANICHAYANAN; PRACHAYAWARAKORN; SOMCHART, 2008)

3.2.1.2 Avaliação da estabilidade das espumas

Após o preparo, as espumas eram submetidas ao teste de estabilidade, que foi realizado através de um esquema montado com provetas de 10 ml e funis de haste média de 50 ml e filtro de gaze, como mostra a Figura 3, conforme metodologia apresentada por Dantas (2010).

Figura 3 - Esquema de provetas com funis e filtro de gases para a análise da estabilidade da espuma.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

As espumas eram adicionadas aos funis até preencherem o volume de 50 mL e deixadas em repouso. Ao se observar o desprendimento da primeira gota de líquido, marcava-se no cronômetro um tempo fixo de 5 minutos, efetuando-se a

medida do volume total de líquido drenado neste intervalo de tempo. Para os cálculos da estabilidade e volume drenado foram utilizados as Equações 4 e 5.

$$Estabilidade = \frac{1}{v_{drenado}} \quad (4)$$

$$\emptyset = \frac{v_{drenado}}{v_{inicial}} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

$v_{drenado}$ = Volume de líquido drenado (ml) durante os 5 minutos;

$v_{inicial}$ = Volume inicial da espuma colocada no funil 50 ml;

\emptyset = Fração de volume drenado (%).

3.2.1.3 Cinética de estabilidade da espuma

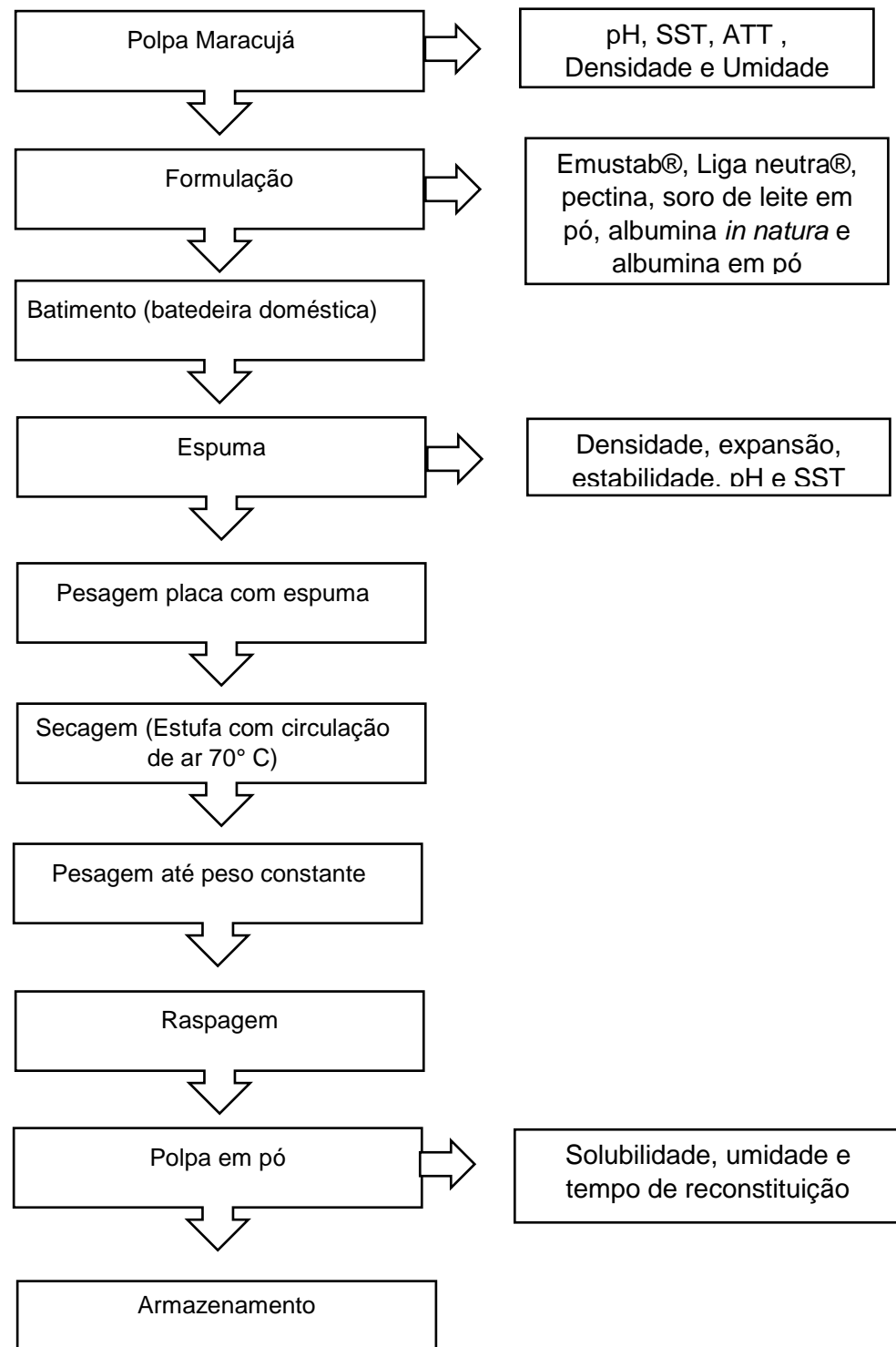
Realizou-se o estudo cinético da estabilidade da espuma de maracujá na temperatura ambiente, como descrito no item 3.2.1.2. As medidas do volume desprendido foram acompanhadas por 30 minutos em intervalos de 5 minutos. Os dados foram utilizados para construir as curvas de volume drenado (ml) em função do tempo (minutos).

A cinética de estabilidade da espuma na temperatura ambiente fornece dados importantes sobre o intervalo de tempo que pode ser mantido entre a preparação da espuma e o início da secagem. (DANTAS, 2010)

3.2.1.4 Obtenção de polpa em pó pelo processo *foam mat*

Após definida a formulação e a temperatura, foram realizadas a secagem e a obtenção do pó. O fluxograma para obtenção da polpa de maracujá em pó encontra-se esquematizado na Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma de produção da polpa de maracujá em pó pelo método *foam mat*.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

As espumas foram dispostas em placas de alumínio medindo 25 cm x 34 cm x 1,0 cm e colocadas em estufa com circulação forçada de ar. Durante a secagem,

avaliou-se a cinética de secagem, as placas com a amostra eram pesadas até atingir peso constante.

O material obtido na secagem foi raspado com espátula de plástico e peneirado até se obter um pó homogêneo e finamente pulverizado. Foi acondicionado em potes de polipropileno com capacidade para 175 gramas e identificados com data de obtenção, temperatura de operação e formulação usada. O produto foi conservado sob refrigeração, até a realização das análises.

3.2.1.5 Cinética de secagem

As curvas de secagem foram obtidas em experimentos conduzidos em estufa com circulação forçada de ar na temperatura de 70°C. A perda de umidade das amostras foi acompanhada através da variação do peso das placas em intervalos de 10 minutos durante os 90 minutos iniciais, e após este intervalo, a cada 15 minutos. As pesagens foram realizadas em balança semianalítica (marca Exacta, modelo BL – 1200AS) com precisão de 0,01g. Os ensaios foram prolongados até atingir condições de equilíbrio, peso constante.

3.3 ANÁLISES FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS

Foram feitas as análises físico-químicas para a polpa *in natura* (pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e umidade). A mistura formulada foi submetida as análises de pH, sólidos solúveis totais e umidade, e o produto final foi submetido a análise de umidade, solubilidade e tempo de reconstituição. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

3.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

Para a determinação do pH das amostras foi utilizado pHmetro digital (marca Thermo Scientific, modelo Orion Star A215), devidamente calibrado com as soluções

tampões (4 e 7), em seguida foi realizado a leitura das amostras, conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.3.2 Acidez Total Titulável (ATT)

Para a determinação de acidez total titulável (ATT) foi utilizado o método potenciométrico, devido à amostra apresentar uma cor amarela intensa. Este método é indicado para amostras coloridas ou turvas que apresentam dificuldade para observar o ponto de viragem. Foram pesadas 1g da polpa de maracujá e transferidas para frascos Erlenmeyer. Adicionou-se 50 mL de água e 4 gotas de fenolftaleína. A titulação procedeu-se com solução de hidróxido de sódio 0,1N até apresentar um pH de 8,2, conforme as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008). A acidez total titulável foi determinada pela equação 6.

$$ATT_{g/100mL} = \frac{n \times N \times Eq}{10 \times V} \quad (6)$$

Onde:

N = normalidade da solução de hidróxido de sódio.

n = volume da solução de hidróxido de sódio gastos na titulação em mL.

V = volume da amostra em mL.

Eq = equivalente-grama do ácido.

Para esta análise usou o equivalente grama do ácido cítrico, ácido predominante na polpa de maracujá.

3.3.3 Sólidos solúveis totais (SST)

A análise de sólidos solúveis foi determinado em amostras à temperatura ambiente (25°C) diretamente em refratômetro de bancada (marca WYA, modelo 2AW- J), devidamente calibrado com água destilada. Os resultados foram expressos em °Brix, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.3.4 Umidade

O teor de umidade foi determinado em balança analítica de umidade com aquecimento a infravermelho (marca Marte, modelo ID50). Era pesado 3 g das amostras e fixado o tempo de 25 minutos e a temperatura de 105°C para análise das amostras, que concluíam quando atingiam a estabilização do peso.

3.3.5 Solubilidade

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

Para avaliar a solubilidade do pó foi utilizado 1g da amostra e em seguida foram diluídas por adição de 100 mL de água destilada em agitador vortex sob agitação mecânica de 2500 rpm por 5 minutos. As soluções foram transferidas para tubos e centrifugadas em centrífuga (marca Centribio, modelo 80-2B) a 2600 rpm por 5 minutos. Alíquotas do sobrenadante (20 mL) foram transferidas para pesa-filtros, previamente tarados e submetidas à secagem em estufa a 70°C. O percentual de solubilidade foi calculado a partir da diferença entre o peso final e o inicial do material no pesa-filtro. A solubilidade foi determinada pela Equação 7.

$$Solubilidade = \left(\frac{(m_{(pf+amostra)} - m_{(pf\ vazio)}) \times (100 + m_{pó})}{(m_{amostra} \times m_{pó})} \right) \quad (7)$$

Onde:

$m_{(pf + amostra)}$ = massa do pesa-filtro com a amostra do sobrenadante (g);

$m_{(pfvazio)}$ = massa do pesa-filtro vazio (g);

$m_{(pó)}$ = massa de pó que foi diluída (g);

$m_{(amostra)}$ = massa da amostra sobrenadante (g).

3.3.6 Tempo de reconstituição

Foi realizado um balanço de massa para calcular a quantidade de pó para ser adicionado em 10mL de água destilada para se obter uma pasta com 12° Brix (teor característico de sólidos solúveis totais da mistura de frutas *in natura*). A mistura foi submetida à agitação a 200 rpm, em mesa agitadora orbital ct-145 Cientec com acompanhamento visual, em intervalos de 30 segundos, até que se observou o desaparecimento do pó aglomerado.

4 Resultados e Discussão

4.1 ENSAIOS PRELIMINARES

Por meio dos ensaios preliminares, foram selecionadas as espumas que apresentaram os melhores resultados em relação à avaliação da densidade e expansão do volume. Deste modo, optou-se por manter como aditivo a albumina na proporção de 5 % e a temperatura de 70°C. Na Tabela 3 são apresentados os valores médios e correspondentes desvios padrão referentes à: densidade, expansão, estabilidade e fração de volume drenado (ϕ) das espumas com diferentes formulações.

Tabela 3- Densidade, expansão, estabilidade e fração de volume drenado da espuma obtida a partir da polpa de maracujá.

	Densidade (g.cm ⁻³)	Expansão (%)	Estabilidade (mL ⁻¹)	Volume drenado ϕ (%)
Polpa	1,050±0,006	-	-	-
F1	0,39±0,006	171,59±4,09	1,14±0,06	1,5±0,10
F2	0,27±0,02	271,39±16,33	2,70±0,03	1,2±0,04
F3	0,64±0,10	66,77±28,28	0,94±0,07	2,0±0,15
F4	0,24±0,01	338,01±18,27	2,06±0,41	0,9±0,14
F5	0,24±0,006	343,84±10,98	3,05±0,36	0,6±0,08

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme se observa na Tabela 3, as espumas preparadas com as formulações (F1, F2, F4 e F5) apresentam densidade na faixa recomendada para a secagem em camada de espuma (0,1 a 0,6 g.cm⁻³), conforme Van Arsdel e Copley (1964) e expansão volumétrica acima de 100%. Na formulação F3, a espuma apresentou densidade acima da máxima sugerida para o processo *foam mat*, expansão volumétrica inferior a 100% e baixa estabilidade. Gurgel (2014) encontrou para a espuma a partir da polpa de graviola densidade de 0,61 g.cm⁻³. Dantas (2010) estudando a polpa de manga obteve um valor de 0,62 g.cm⁻³, mesma faixa de valores obtidos no presente trabalho (0,64 g.cm⁻³).

As massas específicas das espumas apresentam valores muito inferiores aos da polpa o que comprova a expansão das mesmas. Cruz (2013) percebeu ao avaliar a expansão da espuma de polpa de goiaba, utilizando Emustab® e Super Liga Neutra® com concentrações de 2,5% a 10%, respectivamente, que a densidade das espumas diminuiu com o aumento da concentração de emulsificantes até concentrações de 5%. Essa diminuição do valor da massa específica das espumas ocorre devido à incorporação de ar durante a etapa de agitação, uma vez que a alta velocidade de agitação promove um aumento na taxa de cisalhamento, favorecendo a divisão das bolhas de ar, resultando na incorporação de maior quantidade de gás à mistura e, conseqüentemente, na diminuição da densidade da espuma. (CRUZ, 2013)

Percebeu-se que para a obtenção da espuma, com adição da pectina (F1), embora tenha se mostrado expandida e com a massa específica dentro do recomendado, apresentou uma estabilidade de $1,14 \text{ mL}^{-1}$ que demonstra facilidade de dissolução, o que pode comprometer o processo, devido a sua instabilidade. Soares et al. (2001) obtiveram espuma de polpa de acerola com densidade de $0,51 \text{ g.cm}^{-3}$ após 20 min de batimento com pectina cítrica, Emustab® e Super Liga Neutra®. O produto desidratado mostrou aspecto pegajoso, não apresentando as características de um material aerado.

As espumas preparadas a partir da formulação (F2), apresentaram uma boa expansão volumétrica acima de 100% e densidade dentro do estabelecido, contudo não obteve uma boa estabilidade. Dantas (2010) para produzir espuma da polpa de abacaxi pela secagem em leito de espuma com concentrações de 1% dos adjuvantes obteve um valor para a densidade de $0,24 \text{ g.cm}^{-3}$. Gurgel (2014) encontrou para a espuma de graviola uma estabilidade em torno de $2,70 \text{ mL}^{-1}$, o que resulta em um valor igual ao encontrado no presente trabalho.

As espumas obtidas a partir das formulações (F4 e F5) atenderam de forma bastante satisfatória a todas as especificações. Gurjão (2008) utilizou 5% de um composto proteico à base de albumina para produzir espuma de polpa de tamarindo, assim como Furtado et al. (2010) para polpa de seriguela, ambos autores alcançaram valores médios de densidade entre $0,45$ e $0,50 \text{ g.cm}^{-3}$. Thuwapanichayanan, Prachayawarakorn e Somchart (2008) encontraram valores de $0,3$, $0,5$ e $0,7 \text{ g.cm}^{-3}$ para a massa específica das espumas de purê de banana formadas com albumina nas concentrações de 10, 5 e 2% respectivamente,

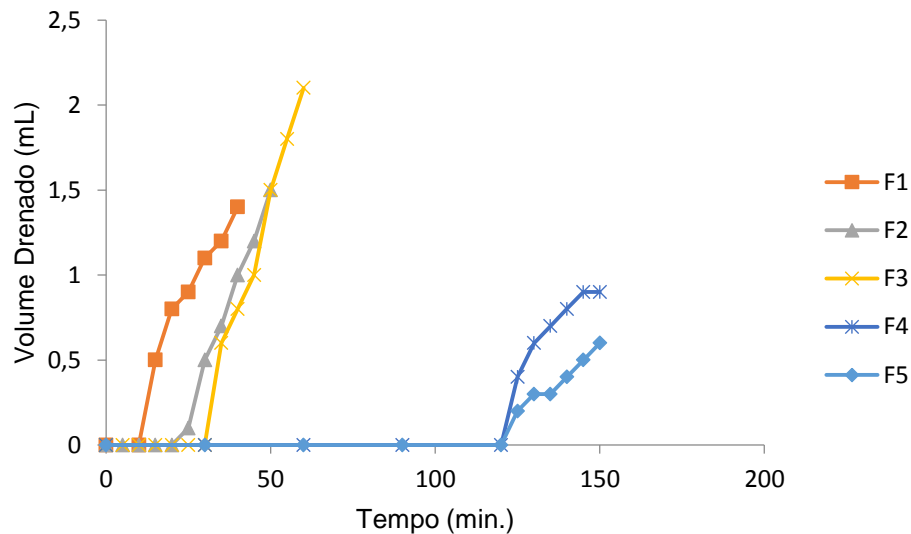
indicando que quanto maior a concentração deste agente espumante, menor será a densidade. Esses valores são adequados para secagem em leito de espuma e semelhantes aos obtidos neste trabalho para a polpa de maracujá com albumina (F5). Abbasi e Azizpour (2016) estudaram os efeitos da clara de ovo (1, 2 e 3 %) e metilcelulose (1, 1,5 e 2 %) na secagem da polpa de cereja, investigando a densidade e o volume de líquido drenado e observaram que aumentando a concentração dos adjuvantes consequentemente houve redução na densidade e aumento na estabilidade da espuma. O aumento da clara de ovo reduz a tensão superficial, devido ao movimento dos agentes de formação de espuma a partir da fase aquosa para a interface ar-líquido. Este mecanismo conduz a um aumento na capacidade de formação de espuma e de uma redução na densidade. (KARIM; WAI, 1999)

4.1.1 Cinética de estabilidade das espumas

No processo de secagem em leito de espuma, a estabilidade é uma propriedade tão importante quanto à massa específica, pois não basta que haja a formação da espuma, esta tem que permanecer estável durante a secagem, garantindo a eficiência do processo e a qualidade do produto final. (GURGEL, 2014)

A Figura 5 expõe o desprendimento do líquido das espumas em função do tempo para o teste de estabilidade da polpa de maracujá com diferentes formulações em temperatura ambiente, observou-se que as espumas preparadas a partir das formulações F4 e F5 permaneceram estáveis por duas horas. Kudra e Ratti (2006) afirmaram que as espumas que não colapsarem durante pelo menos uma hora em temperatura ambiente são consideradas mecanicamente estáveis durante todo o processo de secagem. As espumas preparadas com as formulações (F2 e F3) permaneceram estáveis por um período de 35 e 30 minutos respectivamente. A formulação (F1) foi a que obteve um menor tempo de estabilidade (10 minutos).

Figura 5 - Cinética de estabilidade das espumas de polpa de maracujá com diferentes formulações em temperatura ambiente.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No teste de estabilidade das combinações de polpa de maracujá, com todos os aditivos e concentrações testadas, observou-se que apenas a albumina e a clara de ovo apresentaram resultados satisfatórios, isso ocorreu devido o aumento da viscosidade, devido à ligação direta entre a estabilidade da espuma e viscosidade da mistura.

Raharitsifa, Genovese e Ratti. (2006) utilizaram clara de ovo e metilcelulose para a caracterização das espumas de suco de maçã para secagem em camada de espuma e otimizaram seus níveis em 2,5 % e 0,2 %, respectivamente, para a obtenção de espumas estáveis e observou que com o aumento das proporções obteve uma espuma mais estável.

Bastos et al. (2005) ao estudar a secagem da manga *Tommy*, analisaram a estabilidade da espuma em diferentes concentrações de Tween 60 e encontrou maior estabilidade na espuma com a maior concentração do estabilizante que foi de 2,5% p/p.

Dantas (2010) ao desidratar manga e abacaxi, avaliou a estabilidade da espuma na temperatura ambiente e observou grande desprendimento de líquido da espuma de abacaxi nos 10 primeiros minutos. Para a espuma de manga, observou que o desprendimento iniciava aos 20 minutos.

Gurgel (2014) ao avaliar a estabilidade da graviola com e sem adição de leite, verificou que as espumas preparadas com adição de leite permaneceram estáveis durante um período de 1 hora. Sem adição de leite, a espuma permaneceu estável por 2 horas.

4.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA E DA ESPUMA

Na tabela 4 são apresentados as médias e os respectivos desvios padrão da caracterização físico-química da polpa de maracujá e das espumas. As análises realizadas foram: pH, teor de sólidos solúveis e umidade, para a polpa *in natura* realizou-se também a análise de acidez total titulável (ATT).

Tabela 4 - Análise físico-química da polpa de maracujá e das espumas.

	pH	SST °Brix	Umidade (%)	Acidez total titulável (g.ác.cítrico/100g)
Polpa	2,89±0,01	11,63±0,14	84,87±0,28	4,48±0,13
F1	3,97±0,01	16,58±0,14	83,90±0,15	-
F2	2,80±0,02	15,75±0,25	83,32±1,43	-
F3	2,42±0,03	20,08±0,12	73,58±0,18	-
F4	2,85±0,02	15,42±0,38	83,05±0,23	-
F5	2,96±0,01	16,83±0,14	83,44±1,03	-

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A Instrução Normativa nº 1 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento de 07 de Janeiro de 2000 que estabelece valores de no mínimo 11,0 para sólidos solúveis totais, para pH mínimo de 2,7 e máximo 3,8 e acidez total titulável de no mínimo 2,50. Os valores encontrados nas análises físico-químicas da polpa de maracujá encontram-se de acordo com os exigidos pela legislação. Catelam (2010) ao analisar a polpa de maracujá obteve um valor de umidade de 84,68%, o que corrobora com o valor encontrado no presente trabalho.

As espumas obtiveram valores de pH diferentes ao da polpa *in natura*, com exceção da espuma que foi adicionada pectina em sua formulação. Soares (2001)

ao desidratar polpa de acerola usando como aditivo pectina, Emustab® e Super Liga Neutra® obteve um pH de 3,31.

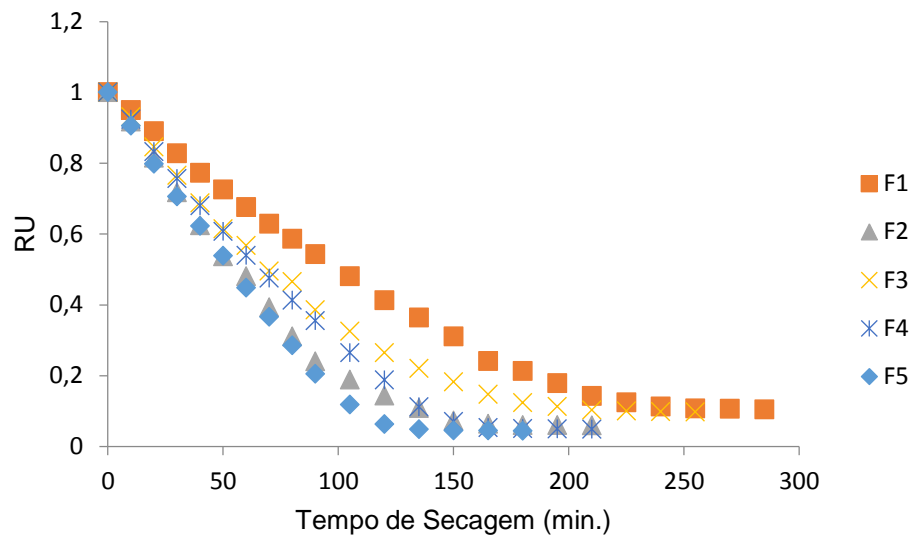
Gurgel (2014) ao analisar o pH das espumas de graviola com 0, 20 e 40% de leite e os aditivos Emustab® e Super Liga Neutra® obteve os valores de 3,83, 4,02 e 4,38, respectivamente.

Todos os aditivos aumentaram o teor de sólidos solúveis totais (SST). Souza (2011) ao desidratar a polpa de cupuaçu (com valor de 13,78°Brix da polpa *in natura*) com os aditivos Emustab®, Super Liga Neutra®, albumina e maltodextrina, na concentração de 10%, obteve um aumento para 15,77, 19,99, 20,42 e 19,56°Brix, respectivamente.

4.3 AVALIAÇÃO DAS CURVAS DE SECAGEM

A secagem foi realizada em estufa com circulação de ar, na temperatura de 70°C sendo acompanhada a massa das espumas em intervalos regulares de tempo conforme descrito no Capítulo 3. O tempo de secagem variou entre os tratamentos, sendo menor na formulação (F5) e maior na formulação (F1). Isto se explica devido à menor estabilidade da espuma F1, contendo pectina, a presença deste aditivo, promoveu a formação de uma crosta gelatinosa na superfície do material, impedindo que o restante da água contida no interior da espuma fosse removida.

Figura 6 – Curva de secagem da espuma de maracujá para temperatura de 70°C



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Pela Figura 6 nota-se que as espumas de polpa de maracujá secaram mais rapidamente no início do processo do que no final. Esta diminuição da taxa de secagem ocorreu devido à redução no teor de água livre na superfície, passando em seguida para um controle difusivo na taxa de migração de água do interior para a superfície da espuma na fase final de secagem.

4.4 AVALIAÇÃO DO PÓ DE MARACUJÁ

O pó de maracujá foi avaliado quanto ao teor de umidade, teste de solubilidade e tempo de reconstituição.

4.4.1 Avaliação da solubilidade, umidade e tempo de reconstituição.

A solubilidade é um critério bastante confiável para avaliar o comportamento do pó em solução aquosa. A umidade, por sua vez, apresenta papel fundamental nos estudos de preservação dos alimentos, uma vez que influencia no crescimento bacteriano e reações enzimáticas. Os valores médios e respectivos desvios padrão referentes à umidade, solubilidade e tempo de reconstituição da polpa em pó de maracujá encontram-se na Tabela 05.

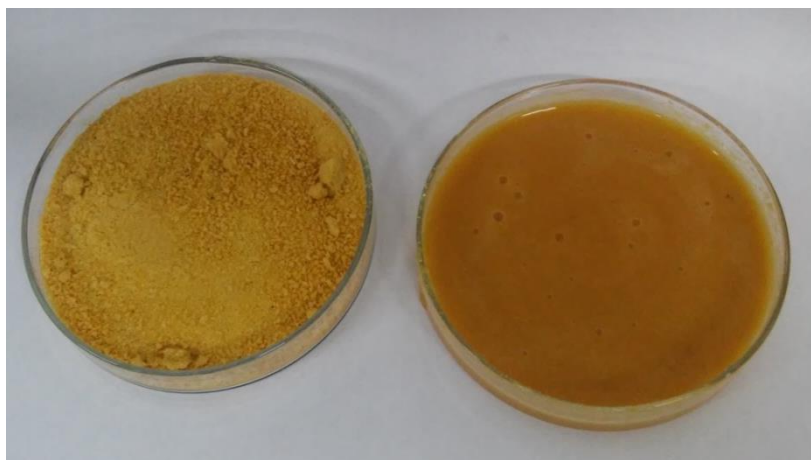
Tabela 05 – Umidade, solubilidade e tempo de reconstituição da polpa em pó de maracujá, seca a 70°C.

	Solubilidade (%)	Tempo de Reconstituição (seg.)	Umidade (%)
F5	94,44±1,34	30±0,00	5,98±0,008

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A solubilidade do pó, obtido a partir da espuma F5, de polpa de maracujá, obteve um valor a cima de 90%. A umidade para este pó obteve um valor de 5,98%, este resultado demonstra que o produto em pó obtido está em condições adequadas para conservação e armazenamento. O tempo de reconstituição foi de 30 segundos, sendo este tempo, relativamente curto. A Figura 7 mostra a imagem do pó de maracujá na forma desidratada e reconstituída.

Figura 7 – Pó de maracujá desidratado e reconstituído.



Fonte: Próprio Autor.

Endo, et al (2007), analisando sucos de maracujá desidratados obteve valores para umidade de 4,09% e solubilidade de 98,1%. Soares (2001) elaborou um suplemento a partir da secagem em camada de espuma da polpa de acerola e obteve um pó com umidade de 7,2%. Souza et al. (2007), encontraram tempo de reconstituição de 300 segundos e solubilidade de 60,15% para o mix de frutas desidratado em leite de jorro. Marques (2009), ao desidratar caldo de cana, pelo método de camada de espuma, encontrou-se o índice de solubilidade em água do

produto seco em forma de escamas igual a 100% e em forma de pó em 90,53%. Dantas (2010) utilizando o método de camada de espuma encontrou tempos de reconstituição de 1,5 e 3,5 minutos e solubilidade 98% e 91% para os pós de abacaxi e manga respectivamente. Segura, Monroy e Monique (1990) ao desidratarem maracujá, amora, pinha e laranja em camada de espuma encontram tempo de reconstituição de 2 minutos e 30 segundos, 2 minutos e 10 segundos, 1 minuto e 1 minuto e 15 segundos, respectivamente. Gurgel (2014) ao desidratar polpa de graviola pelo método de camada de espuma encontrou solubilidade de 86, 97%, umidade de 6,91% e tempo de reconstituição de 170 segundos.

5 CONCLUSÃO

Os estudos realizados com as diferentes composições de misturas de polpa de maracujá mostraram que, ambas, combinações de aditivos testadas foram eficazes para a formação de espumas de polpa de maracujá, exceto a formulação, F3, que utilizou soro de leite em pó em sua composição, apresentaram excelentes propriedades para secagem, com expansão de espuma de até 343,84% para a formulação F5, densidades na faixa de 0,24 a 0,39 g.cm⁻³ e boa estabilidade mecânica. A formulação que utilizou apenas a albumina como agente espumante foi a que demonstrou melhor expansão e um produto seco de melhor aspecto visual, após a secagem. O pó obtido pela secagem da formulação F5 apresentou o menor tempo de secagem da espuma de polpa de maracujá em relação às outras formulações.

Concluiu-se que a adição de aditivos alimentares corretos, pode contribuir para a melhoria no desempenho do processo de secagem, uma vez que, atua de forma efetiva na formação e estabilidade mecânica das espumas.

Portanto, a secagem em leito de espuma apresenta-se viável para a produção da polpa de maracujá em pó, considerando algumas características, como o alto índice de solubilidade em água; a baixa umidade, e o curto tempo de reconstituição, apresentados pelo produto granulado obtido.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Elaboração de estudos específicos sobre a influência da temperatura, espessura da camada de espuma e área de exposição à secagem, por meio de planejamento fatorial, nas propriedades do material seco;
- Estudo de propriedades físico-químicas do pó obtido, com ênfase na atividade de água, grau de Caking, higroscopicidade e microscopia das microestruturas do material particulado obtido;
- Estudo de modelos matemáticos ajustáveis às curvas de secagem e higroscopicidade do material obtido.

REFERÊNCIAS

- ABBASI, E.; AZIZPOUR, M. Evaluation of physicochemical properties of foam mat dried sour cherry powder. **LWT - Food Science and Technology**, v.68, p.105-110, fev. 2016. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643815303613>.> Acesso em: 20 mar, 2016.
- ANDRADE JÚNIOR, W. M. et al., Secagem de Leite em Leito de Jorro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 6., 2005. Natal,RN. **Anais...** Natal,RN, 2005. Disponível em: <
https://www.researchgate.net/publication/265111466_SECAGEM_DE_LEITE_EM_LEITO_DE_JORRO>Acesso em: 20 ago. 2015.
- APENBURG, O.R.O. **Desidratação do coco pelo processo foam mat (coco em pó)**. Campinas: 1971. 37f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas,SP:UNICAMP,1971. Disponível em:
 <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000044484> > Acesso em: 20 ago. 2015.
- BAG, S.K.; SRIVASTAV, P.P.; MISHRA, H.N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos* L.) fruit pulp. **Food Bioprocess Technology**. v.4, p. 1450-1458, 2011. Disponível em: <
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11947-009-0243-6> >. Acesso em: 20 jan. 2016.
- BASTOS, D.S. et al. 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. Disponível em: <
http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/bjft/2005/art_283a290.pdf >. Acesso em: 23 out. 2015.
- BATES, R.P. Factores affecting foam production and estabilization of tropical fruit products. **Food Technology**. v.8, n.1, p.93-96, 1964.
- BEZERRA T. S. **Comportamento higroscópico de pós de diferentes variedades de manga (*Mangifera indica* L.)**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <
<http://www.ppgcta.ufc.br/sulamymtha.pdf>. > Acesso em: 12 mar. 2016.

BRASIL. Ministério da saúde. Secretária de Vigilância Sanitária. Portaria Nº 540 de 1997. Aprovar os Regulamentos Técnicos para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade, para refresco, refrigerante, preparado ou concentrado líquido para refresco ou refrigerante, preparado sólido para refresco, xarope e chá pronto para o consumo. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 17 de novembro de 1998, Seção 1, Página 90. Disponível em: < http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/d1b6da0047457b4d880fdc3fbc4c6735/POR_TARIA_540_1997.pdf?MOD=AJPERES >. Acesso em: 20 nov. 2015.

BRASIL. Leis, decretos, etc. Instrução Normativa Nº. 1, de 7 de janeiro de 2000. Ministro de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Aprova o Regulamento técnico geral para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta. **Diário Oficial da União Nº. 6, Brasília**, 10 de jan de 2000, Seção I., p. 54-58. Disponível em: < <http://www.ibravin.org.br/downloads/1379429768.pdf>. > Acesso em: 20 nov. 2016.

BRENNAN, J. G. **Food Dehydration**: a dictionary and guide. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994. 189p.

BRYGIDYR, A. M.; RZEPECKA, M. A. MCCONNELL, M. B. Characterization and drying of tomato paste foam by hot air and microwave energy. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, Montreal, v. 10, n. 4, p. 313-319, 1977. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0315546377735539> >. Acesso em: 20 out. 2015.

CÁCERES, M. C. **Estudo do processamento e avaliação da estabilidade do “blend” misto a base da polpa de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) e suco de beterraba (*Beta vulgaris*)**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000097&pid=S1413-7054200800060003200006&lng=pt >. Acesso em: 20 jan. 2016.

CANO-CHAUCA, M. *et al.*, Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, p. 121-132, 2004. Disponível em: < <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimentos/article/view/1184> >. Acesso em: 16 out. 2015.

CATELAM, K. T. **Estudo da influência da proporção de um “mix” leite/polpa de maracujá na produção de pó obtido por três diferentes métodos de secagem**. 2010. 139f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São José do Rio Preto, SP, 2010. Disponível em: <

http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90758/catelam_kt_me_sjrp.pdf?sequence=1 >. Acesso em: 26 fev. 2016.

COELHO, A. A.; CENCI, S. A.; RESENDE, E. D. Rendimento em suco e resíduos do maracujá em função do tamanho dos frutos em diferentes pontos de colheita para o armazenamento. **Rev. Bras. Prod. Agroindustr.**, Campina Grande, v.13, n.1, p.55 – 63, 2011. Disponível em: < <http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev131/Art1318.pdf> >. Acesso em: 20 jan. 2016.

COSTA, E. C. da. **Secagem Industrial**. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

COSTA, J. M. C.; MEDEIROS, M. F. D.; MATA, A. L. M. L. da. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Curcubita moschata*) e cenoura (*Ducus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n.1, p.5-9, 2003. Disponível em: < www.ccarevista.ufc.br/site/down.php?arq=06rca34-1.pdf >. Acesso em: 16 mar. 2016.

CRUZ, W.F. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em cama de espuma**. Universidade Federal de Viçosa, 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, 2013. Disponível em: <<http://alexandria.cpd.ufv.br:8000/teses/ciencia%20e%20tecnologia%20de%20alimentos/2013/250527f.pdf>. > Acesso em: 20 jan 2016.

DANTAS, S. C. M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método foam-mat**. 2010. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2010. Disponível em: < <http://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/15794> >. Acesso em: 20 mar. 2016.

ENDO, E. et al. Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) desidratado. **Rev. Ciênc. Tecnol. Alimnt.**, Campinas, v.27, n.2, p. 382 – 386, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n2/28.pdf>. > Acesso em: 10 mar. 2016.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Ateneu, 1998.

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

FERNANDES, R. V. de B. et al. Secagem de polpa de tomate pelo método de camada de espuma. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 816-825, July/Aug. 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15034> >. Acesso em: 20 fev. 2016.

FONSECA, A. V. V. da. **Estabilidade do suco de caju (*Anacardium occidentale, L.*) acondicionado em embalagens de vidro e de pet.** 2010. 91 f. Dissertação (mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos.) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <<http://www.ppgcta.ufc.br/anafonseca.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

FORMARIZ, T.P. et al. Biotecnologia de sistemas coloidais aplicável na otimização do efeito terapêutico de fármacos usados no tratamento do câncer. **Infarma**, Brasília, v.16, n.1, p.44-57, 2004. Disponível em: <http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/82/i02-infarma_002.pdf >. Acesso em: 20 jan. 2016.

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

FURTADO, G.F. et al. Secagem de polpa de seriguela pelo método de camada de espuma. Revista Brasileira de **Produtos Agroindustriais**, Campina Grande - PB, v. 12, n. 1, p. 9-14, 2010. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev121/Art1212.pdf>. > Acesso em: 20 mar. 2016.

GUIMARÃES, P. M. R.; TEIXEIRA, J. A.; DOMINGUES, L. Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. **Biotechnology Advances**, v. 28, p. 375-384, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0734975010000224>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata L.*) em camada de espuma – Desempenho do processo e características do produto.** 2014. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2014.

GURJÃO, K.C.V. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de tamarindo (*Tamarindus indica L.*).** 2008. 168f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4. ed. São Paulo, 2008. 1020p.

KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying starfruit (*Averrhoa carambola* L.) purée. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**. n.64, p.337 – 343, 1999. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814698001198> >. Acesso em: 22 fev. 2016.

KEEY, R. B. **Drying of loose and particulate materials**. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1992, 537 p. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373939208916507?journalCode=ldrt20> >. Acesso em: 24 nov. 2016.

KUDRA, T.; RATTI, C. *Foam-mat drying: Energy and cost analyses*. **Canadian Biosystems Engineering**, v. 48, 2006. Disponível em: < <http://www.csbe-scgab.ca/docs/journal/48/c0621.pdf>.> Acesso em: 15 fev. 2016.

LEORO, M. G. V. **Desenvolvimento do cereal matinal extrusado orgânico à base de farinha de milho e farelo de maracujá**. 2007. 147f. Dissertação (Mestrado Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007. Disponível em: < <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000411714> >. Acesso em: 20 jan. 2016.

Marchi, R.; Monteiro, M.; Benato, E. A.; Silva, C. A. R. Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá amarelo (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) destinado à industrialização. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 20. n. 3, p. 381 – 387, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612000000300017>. Acesso em: 20 jan. 2016.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leite de espuma e avaliação sensorial do produto**. 2009. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2009. Disponível em: < <http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2011/SECAGEM%20DE%20CALDO%20DE%20CANA%20EM%20LEITO%20DE%20ESPUMA%20E%20AVALIA%C3%87%C3%83O%20SENSORIAL%20DO%20PRODUTO.pdf> >. Acesso em: 25 out. 2015.

MCCLEMENTS, D. J. **Food Emulsions: Principles, Practice and Techniques**. CRC Press. Boca Raton, Florida, 378 pages. 1999.

MORGAN, A. I. et al. Recent developments in foam-mat drying. **Food Technology**. v.15, p. 37 – 39, jan./dez. 1961.

PARK, K.J. et al. **Conceitos de processos e equipamentos de secagem**. Campinas, 2007. 121p.

RAHARITSIFA, N.; GENOVESE, D. B.; RATTI, C. Characterization of apple juice foams for foam-mat drying prepared with egg white protein and methylcellulose. **Journal of Food Science**, v.71, n.3, p.142-151, 2006. Disponível em: < <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.2006.tb15627.x/abstract>. > Acesso em: 15 mar 2016.

RAJKUMAR, P. et al. Foam Mat Drying of Alphonso Mango Pulp. **Drying Technology**, v.35, n.2, p. 357-365, 2007. Disponível em: < <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373930601120126>. > Acesso em: 20 mar 2016.

RIBEIRO, M. S. **Estudo fluidodinâmico de um leite fluidizado pulsado rotativo com Partículas secas e úmidas**. 2005, 106f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005. Disponível em: < <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000379723> >. Acesso em: 20 out. 2015.

RONCHETI, E. F. S. **Estudo do processo de secagem em leite de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango**. 2014, 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos) – Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, ES, 2014. Disponível em: < <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/1238/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.Elder%20Felipe%20Silva.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2015.

SALAGER, J.I.; ANDÉREZ, J.M.; FORGIARINI, A. Influencia de la formulacion sobre las espumas. **Borrador del Cuaderno FIRP # 263**. Mérida, 2003. Disponível em: < http://www.firp.ula.ve/archivos/cuadernos/S263_Espumas.pdf >. Acesso em: 20 jan. 2016.

SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Foaming and drying behavior of ripe bananas. **LWT - Food Science and Technology**, v.37, n.5, p.517-525, ago. 2004. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643803001324> >. Acesso em: 22 out. 2015.

SARCINELLI, M. F. ; VENTURINE, K. S.; SILVA, L.C. **Características dos ovos**. Programa de Extensão. Boletim Técnico. Espírito Santo: UFES, 2007. Disponível

em: < http://www.agais.com/telomc/b00707_caracteristicas_ovos.pdf >. Acesso em: 12 fev. 2016.

SEGURA, E.; MONROY, L. A.; MANRIQUE, G.; Aplicacion de la tecnologia de deshidratacion por el metodo de secado de espumas (Foam-mat) em jugos de frutas tropicales II (Naranja, Piña, Mora y Maracuyá). **Rev. Colombiana de Ciências Químico- Farmaceuticas**, n. 18, 1990. Disponível em: < <http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/farmacia/revista/V18P47-52.pdf> >. Acesso em: 12 jan. 2016.

SILVA, A. S. et al. Dehydration of tamarindo pulp through the foam-mat drying method. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1899 – 1905, nov./dez. 2008. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000600032 >. Acesso em: 20 jan. 2016.

SOARES, E. C. et al. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia Emarginata* D.C.) pelo processo "foam-mat". **Rev. Ciência Tecnologia de Alimentos**. v.21, n.2, p.164-170, ago. 2001. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/cta/v21n2/7461.pdf> > Acesso em: 20 nov. 2015.

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

SOUZA, C. S. **Efeito da liofilização e desidratação em leite de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*)**. 2011. 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga,BA,2011. Disponível em: < <http://www.uesb.br/ppgengalimentos/dissertacoes/2011/EFEITO%20DA%20LIOFILIZACAO%20EM%20LEITE%20DE%20ESPUMA%20SOBRE%20A%20QUALIDADE%20DO%20PO%20DE%20POLPA%20DE%20CUPUAU.pdf> > Acesso em: 20 mar. 2016.

SOUZA.J.S.; ARAUJO, V.P.U, SOUZA JR; F.E.; ROCHA, S.C.S.; MEDEIROS, M.F.D. **Estudo higroscópico e caracterização do mix em pó obtido através do processo de secagem em Leite de Jorro**. 47º Congresso Brasileiro de Química. 2007. Natal. Disponível em: < <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/10/10-408-616.htm> > Acesso em: 12 mar. 2016.

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

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877407005791>. > Acesso em 20 jan 2016.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000127&pid=S1413-7054200800060003200021&lng=pt>. Acesso em: 20 jan. 2016.

VACHIER, M. C.; PIOT, M.; AWADÉ, A.C. "Isolation of hen egg white lysozyme, ovotransferrin and ovalbumin, using a quaternary ammonium bound to a highly crosslinked agarose matrix". **Journal of Chromatography B**, 664, pp. 201-210, 1995. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037843479400411W>> Acesso em: 20 jan 2016.

VAILLANT, F. et al. Concentration of passion fruit juice on an industrial pilot scale using osmotic evaporation. **Journal of Food Engineering**, v. 47, p.195-202, 2001. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877400001151>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

VAN ARSDEL, W. B. **Food dehydration**. Westport, Connecticut: The Avi Publishing Company, 1964. V.2, 721 p.

VIANNA – SILVA, Thais. et al. Determinação da maturidade fisiológica de frutos de maracujazeiro-amarelo colhidos na região Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Rev. Bras. Frutic.**, v. 32, n. 1, p. 57-66, 5 fev. 2010. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-29452010000100009&script=sci_abstract&lng=pt>. Acesso em: 20 mar.2016.

VISSOTTO, F. Z. et al. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó. **Ciênc. Tecnol. Aliment**. Campinas, v. 26, n.3, p.666-671, 2006. Disponível em: <
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000300028>. Acesso em: 19 mar. 2016.

WALZEM, R. L.; DILLARD, C. J.; GERMAN, J. B. Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, v. 42, n. 4, p. 353-375, 2002. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12180777>>. Acesso em: 12 mar. 2016.

WEIJERS, M. et al. Rheology and structure of ovalbumin gels at low pH and low ionic strength. **Food Hydrocolloids**. n. 16, v. 3, p. 269-276, 2002. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X01000972> >. Acesso em: 12 fev. 2016.

ZAMBERLAN, P.M. **Filogenia de Passiflora L. (Passifloraceae): questões infra-subgenéricas**. 2007. 105f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS: UFRGS, 2007. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13704> >. Acesso em: 22 jan. 2016.