

MARCELA SILVA CARVALHO

**PRODUÇÃO DE POLPA DE ABÓBORA EM PÓ PELO
PROCESSO DE SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS-BRASIL
2014

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C331p
2014

Carvalho, Marcela Silva, 1988-
Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de
secagem em leito de espuma / Marcela Silva Carvalho. – Viçosa,
MG, 2014.
xiii, 73f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Paulo César Corrêa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.55-69.

1. Abóbora - Secagem. 2. Abóbora - Processamento.
3. Abóbora - Secagem em leito de espuma. I. Universidade
Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola.
Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 635.62

MARCELA SILVA CARVALHO

**PRODUÇÃO DE POLPA DE ABÓBORA EM PÓ PELO
PROCESSO DE SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2014

Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)

Tânia Pires da Silva

Paulo Cesar Corrêa
(Orientador)

"Elogie em público e corrija em particular, um líder corrige sem ofender e orienta sem humilhar".

Mário Sérgio Cortella

DEDICO

Mais uma vez e porque não dizer SEMPRE:
à meus queridos e estimados pais Teodomiro e Nenilce,
os quais são meus exemplos de vida. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por sempre está guiando meu caminho, por me conceder saúde e sabedoria, disposição e alegria de viver e por ter me dado mais uma conquista na vida.

Aos meus pais, Teodomiro (painho) e Nenilce (mainha), por sempre me apoiarem nas escolhas que fiz me dando conselhos, e meus queridos irmãos: Marquinhos, que mesmo a distância nesses últimos anos, sempre sabe a hora de me dá conselhos e me apoiar, a Marta e Marina que sempre presente esteve ao meu lado, nas horas boas e ruins, e por todo amor, carinho, confiança e apoio incondicionais. Como eu AMO VOCÊS!

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pela oportunidade de desenvolver este trabalho.

A CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor Paulo Cesar Corrêa pela orientação, confiança, ensinamentos e oportunidades concedidas. Tenho muito a agradecer.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon pela coorientação e pelas valiosas contribuições no desenvolvimento deste trabalho e pela paciência.

Ao Professor Mateus da Silva Junqueira pela coorientação nesse trabalho, pelas ideias e contribuições nesse trabalho.

Ao Gutierrez Nelson Silva pela confiança, paciência e (e como teve que ter paciência), por toda ajuda no desenvolvimento desse trabalho, você foi essencial, me dando forças. Seu companheirismo foi fundamental para levar adiante esta jornada.

Aos colegas de laboratório Cris, Daniel, Fernanda, Guilherme, Iasmine, Juliana, Lara, Luiz, Mayra, Nathalia, Úrsula sempre bem humorados, fazendo com que o trabalho se tornasse menos árduo. A vocês, sou muito grata pela colaboração.

Aos Colegas do CENTREINAR, Fernanda, Claudinha, Magela e Professor Tetuo pelo apoio e incentivo.

Aos amigos do VIPs pelo apoio, incentivo e amizade ao longo dos últimos anos de convivência, tornando a vida aqui mais alegre e divertida. A vocês o meu eterno carinho e gratidão. Especialmente a minha grande amiga Livia.

A todos que de um modo geral, direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho e para minha formação acadêmica o meu MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

Marcela Silva Carvalho, filha de Teodomiro da Silva Carvalho e Nenilce da Cunha Silva, nasceu em Eunápolis, Bahia, em 07 de janeiro de 1988.

Em março de 2007 iniciou o curso de Agronomia na Universidade Federal de Viçosa e graduou-se Engenheira Agrônoma em janeiro de 2012. Em 21 de novembro do mesmo ano ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, na Área de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa, sob orientação do Professor Paulo Cesar Corrêa.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específico	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1. Abóbora	3
3.1.1. <i>Classificação botânica e origem das abóboras</i>	3
3.1.2. <i>Abóbora híbrida japonesa</i>	4
3.1.3. <i>Importância socioeconômica</i>	5
3.2. Aditivos alimentares.....	6
3.3. Secagem.....	7
3.3.1. Curvas e modelagem de secagem.....	8
3.3.2. Secagem em leito de espuma (<i>foam-mat</i>)	9
4. MATERIAL E MÉTODOS	12
4.1. Obtenção da matéria-prima.....	12
4.2. Caracterização física e físico-química da polpa de abóbora.....	12
4.2.1. Caracterização física da polpa de abóbora.....	12
4.2.1.1. <i>Determinação do teor de água</i>	12
4.2.1.2. <i>Determinação da massa específica (ρ)</i>	13
4.2.1.3. <i>Determinação da atividade de água (a_w)</i>	13
4.2.1.4. <i>Determinação da cor</i>	14
4.2.1.5. <i>Determinação da estabilidade da polpa</i>	15

4.2.2. Caracterização físico-química da polpa de abóbora.....	15
4.2.2.1. <i>Determinação do teor de sólidos solúveis totais</i>	15
4.2.2.2. <i>Determinação do pH</i>	15
4.2.2.3. <i>Acidez total titulável (ATT)</i>	15
4.2.2.4. <i>Determinação do teor de açúcar solúveis totais</i>	16
4.2.2.5. <i>Teor de açúcares redutores</i>	17
4.2.2.6. <i>Determinação do teor de amido</i>	17
4.2.2.7. <i>Determinação dos carotenoides totais</i>	18
4.3. Processo de formação e caracterização da espuma.....	19
4.3.1. Processo de formação da espuma.....	19
4.3.2. Caracterização física da espuma de abóbora formada.....	19
4.3.2.1. <i>Determinação da massa específica e da estabilidade da espuma</i>	19
4.3.2.2. <i>Determinação da expansão da espuma</i>	19
4.4. Determinação do melhor aditivo e a melhor concentração.....	20
4.5. Secagem em leito de espuma.....	20
4.5.1. Modelagem da secagem da espuma da abóbora.....	22
4.5.2. Caracterização física e físico-química do pó de abóbora.....	23
4.5.2.1. Caracterização física.....	23
4.5.2.1.1. <i>Determinação do teor de água, aw e cor</i>	23
4.5.2.1.2. <i>Determinação da massa específica</i>	23
4.5.2.2. Caracterização físico-química.....	23
4.5.2.2.1. <i>Determinação do pH, ATT, teor de açúcar solúveis totais, açúcar redutor, açúcar não redutor, amido e carotenoides totais</i>	23
4.6. Delineamento experimental e análise estatística.....	24
5. RESULTADOS E DISCURSSÃO.....	25
5.1. Caracterização da polpa de abóbora <i>in natura</i>	25
5.2. Caracterização das espumas.....	28
5.2.1. <i>Massa específica</i>	30
5.2.2. <i>Expansão</i>	34
5.2.3. <i>Estabilidade</i>	35
5.3. Cinética de secagem.....	37

5.4. Modelagem matemática das curvas de secagem.....	39
5.5. Análises físico-químicas do pó, obtido em diferentes temperaturas e da polpa <i>in natura</i>	42
5.6. Caracterização do pó da polpa de abóbora.....	45
6. CONCLUSÃO.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
APÊNDICE.....	70

RESUMO

CARVALHO, Marcela Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leito de espuma.** Orientador: Paulo Cesar Corrêa. Coorientadores: Mateus da Silva Junqueira e Paulo Roberto Cecon

Apesar do alto valor nutritivo da abóbora, o consumo dessa hortaliça só não é maior devido à dificuldade no descascamento e ao grande tamanho dos frutos, o que dificulta o transporte e armazenamento. Deste modo, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas visando à obtenção de tecnologias pós-colheita para aumentar o consumo dessa importante hortaliça. Dentre as tecnologias com potencial para uso na etapa pós-colheita da abóbora, o uso de produtos a base de polpa da fruta desidratada em pó, pode tornar-se uma alternativa economicamente viável, uma vez que, esse processo reduz significativamente os custos com embalagens, transporte, armazenamento e conservação. A secagem em leito de espuma (*foam-mat drying*) é uma das técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, destacando-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, através de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados. Embora se conheça o potencial da secagem em camada de espuma para obtenção de produtos alimentícios em pó, não há relatos sobre o uso desta técnica em abóbora. Deste modo a presente pesquisa foi desenvolvida com o intuito de caracterizar o processo de produção de polpa de abóbora em pó pela secagem em leito de espuma. Formulações compostas de polpa de abóbora e aditivo (Albumina, Emustab®, Maltodextrina e Super Liga Neutra®) nas concentrações 0% (controle); 2,5%; 5%; 7,5% e 10% (m/m) foram avaliadas quanto a massa específica, expansão e estabilidade após formação de espumas, sendo selecionado o Emustab® como aditivo na concentração de 8,0% e 5% (p/p) de emulsificante devido suas melhores características de massa específica, expansão e estabilidade. As espumas produzidas a

partir dessas duas formulações selecionadas foram dispostas em bandejas de alumínio de formato quadrado e desidratadas em secador de bandejas com circulação de ar nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80°C até massa constante. Aos dados experimentais da secagem da espuma da abóbora foram ajustados modelos de regressões. O material seco foi desintegrado, sendo realizada a caracterização física e físico-químicas, como teor de água, atividade de água, pH, acidez titulável, cor (L^* , a^* , b^* , h^* , C^* , ΔE e IE), massa específica, teor de açúcar total, redutor e não redutor, e teor de carotenoide e amido. A análise dessas curvas revela que o acréscimo na temperatura favorece a diminuição do tempo de secagem. O tempo médio para que se atingisse o teor de água de equilíbrio para 40, 50, 60, 70 e 80 °C foram de 1830, 930, 360, 270 e 150 min, respectivamente. Os modelos de Midilli, seguida pela equação de Midilli Modificado e a de Logarítmico se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais da secagem da espuma de polpa da abóbora. Independentemente da temperatura de secagem de polpa de abóbora em leito de espuma, observou-se que as características físico-químicas da abóbora mantiveram ou melhoraram em relação a polpa *in natura*. No entanto quando comparado entre as temperaturas, as mais indicadas para a obtenção da polpa de abóbora em pó são as de 60, 70 e 80 °C, pois além do pó formado ter uma menor atividade água, importante no armazenamento, o tempo de secagem nessas temperaturas são mais viáveis. Desta forma, o uso da secagem em leito de espuma torna-se atraente e promissora na secagem de polpa de abóbora.

ABSTRACT

CARVALHO, Marcela Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014.
Production of pumpkin pulp in the powder bed drying process of the foam.
Advisor: Paulo Cesar Corrêa. Co-advisers: Mateus da Silva Junqueira and Paulo Roberto Cecon

Despite the high nutritional value of pumpkin, the consumption of this vegetable is not only due to greater difficulty in peeling and the large size of the fruit, which makes transportation and storage thus becomes necessary to develop research aimed at obtaining post-harvest technologies to increase the consumption of this important vegetable. Among the technologies with potential for use in post-harvest step pumpkin the use of products based on dried fruit pulp powder may become an economically viable alternative, since this process greatly reduces packaging costs, transport, storage and conservation. The bed drying, foam (foam-mat drying) is a technique employed to obtain powdered food products, especially to be a method in which liquid food or semi are transformed into stable foams, through vigorous agitation and incorporation of foaming agents to subsequently be dehydrated. Although knowing the potential of drying foam layer for obtaining food powdered products, there are no reports on the use of this technique in pumpkin. Therefore the present study was conducted in order to characterize the process of producing pulp pumpkin powder by drying bed of foam. Composite formulations pumpkin pulp and additive (Albumin, Emustab®, Maltodextrin and Neutral® Super League) at concentrations of 0% (control), 2.5%, 5%, 7.5% and 10% (m/m) were evaluated for density, expansion and foaming stability after being selected Emustab® as an additive in a concentration of 8.0% and 5% (w/w) of emulsifier due to its best characteristics of density, expansion and stability. The foams produced from these two selected formulations were placed in aluminum trays square shaped and dried in tray dryer with air circulation at temperatures of 40, 50, 60, 70 and 80 °C to constant weight. The experimental data of drying pumpkin foam models were

adjusted regressions. The dried material was disintegrated, physical and physicochemical characterization was performed, as water content, water activity, pH, titratable acidity, color (L^* , a^* , b^* , h^* , C^* , E is IE), density, content of total, reducing and non-reducing sugar and starch and carotenoid content. The models Midilli followed by the Midilli Modified and Logarithmic equation fitting of the experimental data of drying the pulp foam pumpkin. Irrespective of the drying temperature of pumpkin pulp in the foam bed, it was observed that the physico-chemical characteristics of maintained or improved pumpkin pulp relative in nature. However, when compared among temperatures the most suitable for obtaining the pumpkin pulp powder are 60, 70 and 80 °C, because besides the powder formed has a lower water activity, important in storage, drying time these temperatures are more viable. Thus, the use of foam bed drying becomes attractive and promising in the drying of pumpkin pulp .

1. INTRODUÇÃO

A agricultura atual tem como objetivo não apenas produzir calorias para reduzir a fome, como também fornecer alimentos ricos em nutrientes e vitaminas para reduzir as carências nutricionais subclínicas, conhecidas como “fome oculta” (SALTZMAN et al., 2013). Uma dessas carências nutricionais é a falta de vitamina A. Esse composto, por não ser sintetizado no organismo, deve ser fornecido pela dieta, visto que ele participa de uma série de funções biológicas (CHAGAS et al., 2003). Sua carência afeta milhares de crianças em todo mundo, principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, podendo levar à cegueira e à morte (AMBRÓSIO et al., 2006).

A produção mundial de abóbora concentra-se praticamente nos continentes Asiático (65,97%), Europeu (14,02%) e Americano (11,14%), tendo a China como maior produtor (6.978.167 t), seguido pela Índia e Rússia (FAO, 2011). No Brasil, os dados referentes à comercialização de abóbora são escassos, cuja informação disponível estende-se somente até o ano de 2006, neste ano a área colhida foi de 88.204 ha, com 384.912 t produzidas e rentabilidade de R\$ 152.814,00 (IBGE, 2006).

A abóbora (*Cucurbita moschata* Duch.) é considerada uma importante fonte de carotenoides, principalmente β -caroteno, um precursor da vitamina A, tomando-se um grande potencial como fonte de pró-vitamina A para a dieta humana. Está presente na dieta do ser humano desde a formação das primeiras civilizações no mundo até os dias atuais, devido ao seu alto valor nutritivo e facilidade de produção.

Apesar do alto valor nutritivo da abóbora, o consumo dessa hortaliça só não é maior devido à dificuldade no descascamento e ao grande tamanho dos frutos, o que dificulta o transporte e armazenamento (ALVES et al., 2010).

Deste modo, torna-se necessário o desenvolvimento de pesquisas visando à obtenção de tecnologias pós-colheita para aumentar o consumo dessa importante hortaliça. Dentre as tecnologias com potencial para uso na etapa pós-colheita da

abóbora, o uso de produtos a base de polpa da fruta desidratada em pó, pode tornar-se uma alternativa economicamente viável, uma vez que, esse processo reduz significativamente os custos com embalagens, transporte, armazenamento e conservação (COSTA et al., 2003). Abóbora desidratada pode ser conservada por um maior período de tempo e utilizada em várias preparações culinárias, contribuindo assim como mais uma fonte alimentícia para combater a carência de vitamina A que afeta crianças no mundo inteiro (BORGES et al., 2008).

A secagem em leito de espuma (*foam-mat drying*) é uma das técnicas empregadas para a obtenção de produtos alimentícios em pó, destacando-se por ser um método em que alimentos líquidos ou semilíquidos são transformados em espumas estáveis, através de vigorosa agitação e incorporação de agentes espumantes para, posteriormente, serem desidratados (SILVA, 2008). Esse tipo de processo consiste basicamente em 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 et al., 2001).

A desidratação em camada de espuma tem a característica de manter alta qualidade dos produtos, oferecendo grandes possibilidades comerciais, sendo aplicadas em café, sucos de laranja, uva, carambola, abacaxi e outros produtos instantâneos (SANKAT e CASTAIGNE, 2004). Além disso, como vantagem desse método, pode-se citar a baixa temperatura empregada e o menor tempo de desidratação em relação a outros métodos, devido à maior área de superfície exposta ao ar (SILVA et al., 2008).

Embora se conheça o potencial da secagem em camada de espuma para obtenção de produtos alimentícios em pó, não há relatos sobre o uso desta técnica em abóbora. Deste modo a presente pesquisa foi desenvolvida com o intuito de caracterizar o processo de produção de polpa de abóbora em pó pela secagem em leito de espuma.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Caracterizar o processo de produção de polpa de abóbora (*Cucurbita moschata* Duch) em pó pela secagem em leito de espuma.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterização da polpa de abóbora *in natura*, por meio de análises físico-químicas;
- Selecionar o aditivo a ser utilizado e a concentração deste a ser adicionado à polpa de abóbora com base nos resultados obtidos nas análises de massa específica, expansão e estabilidade das espumas formadas;
- Determinar a cinética de secagem da polpa da abóbora, em leito de espuma, em diferentes temperaturas;
- Ajustar diferentes modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem da polpa da abóbora, em leito de espuma;
- Determinar as propriedades físico-químicas do pó da abóbora ao final da secagem, para cada temperatura.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Abóbora

3.1.1. Classificação botânica e origem das abóboras

As abóboras são do gênero *Cucurbita* (WHITAKER e ROBINSON, 1986; GRIN, 2013). Segundo Puiatti e Silva (2005), o gênero *Cucurbita* é formado por 15 espécies, dentre as quais, cinco são domesticadas (*C. argyrosperma*, *C. ficifolia*, *C. máxima*, *C. moschata* e *C. pepo*), sendo que apenas as três últimas são cultivadas no

Brasil. As espécies de Cucurbita são plantas de clima tropical e subtropical, estão entre as mais antigas cultivadas nas Américas.

Alguns autores consideram a abóbora como sendo originária na região Central do México, entretanto registros arqueológicos mais antigos dessa espécie (4.900-3.500 a. C.) foram recuperados no Noroeste do México e em alguns sítios das Américas do Sul e Central (FERREIRA, 2008). Tal fato sugere que as diversas espécies desse gênero foram domesticadas em diferentes momentos e quase certamente em diferentes áreas, caracterizando uma especiação alopátrica (WHITAKER e CUTLER, 1965).

3.1.2. *Abóbora híbrida japonesa*

A abóbora japonesa também é conhecida como: moranga japonesa, abóbora Tetsukabuto e Kabocha. Desenvolvida na década de 1940 no Japão, chegou ao Brasil em 1960, sendo introduzida inicialmente em Minas Gerais. A abóbora tipo Tetsukabuto que em japonês significa “capacete de ferro” (tetsu = ferro e kabuto = capacete) é resultante do cruzamento entre linhagens selecionadas de *Cucurbita maxima* Duch. (genitores femininos) e linhagens de abóbora *C. moschata* Duch. (genitores masculinos) (BISOGNIN, 2002) (Figura 1). O fruto é uma baga indeiscente, que apresenta tamanho e formato variando de globular a globular achatado de casca rugosa. A polpa pode apresentar coloração branca, amarela e alaranjada escura.



Figura 1. Abóbora *C. moschata* Duch.

As formas híbridas “Tetsukabuto” apresentam uma série de características favoráveis para seu cultivo, tais como rusticidade, precocidade, uniformidade, elevados potenciais produtivos e qualidade organoléptica (incluindo textura, sabor e reduzido tempo de cozimento) (TAVARES, 1999). Aliado a estes fatores, a abóbora híbrida japonesa lidera a preferência do mercado consumidor, uma vez que apresenta excelentes propriedades culinárias (COSTA, et al., 2006).

3.1.3. Importância socioeconômica

As abóboras são cultivadas em todo mundo e seu consumo na dieta alimentar humana pode ser da forma direta (polpa e sementes) e na forma indireta na preparação de xaropes, geléias, compotas e purês (PROVESI et al., 2011). No Sudoeste da Nigéria é muito comum o uso de fatias de abóboras secas em sopas, com intuito de substituir a carência de carnes (OLURIN et al., 2012). O cultivo de abóbora no Brasil tem grande importância social na geração de empregos diretos e indiretos, visto que envolve ampla demanda de mão-de-obra, desde o plantio até a comercialização (RESENDE et al., 2013).

Uma característica importante da abóbora e pouco explorada comercialmente é a presença de compostos benéficos ao organismo, em especial os carotenoides, pigmentos de propriedades antioxidantes responsáveis por conferir a coloração amarelo-laranja e vermelha de muitos alimentos. Além de conferir cor, alguns destes compostos apresentam atividade pró-vitáminica A e/ou estão relacionados com a prevenção de câncer, degeneração macular e doenças cardíacas (GARCIA et al., 2005). Vários estudos foram desenvolvidos com intuito de evidenciar o potencial da abóbora como fonte de pró-vitamina A (SHI et al., 2013; GUINÉ et al., 2011; JACOBO-VALENZUELA et al., 2011; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008; STEVENSON et al., 2007; MURKOVIC et al., 2002).

No Brasil, as abóboras formam o sexto grupo de hortaliças de maior valor no mercado a varejo (1.877,5 milhões de reais) e atacado (736,9 milhões de reais) (ABCSEM, 2010/2011). No Nordeste brasileiro concentram-se os maiores produtores desta cultura, agrupando também os maiores estados consumidores, como Pernambuco, Piauí, Maranhão e Bahia (RAMOS et al., 2010).

3.2. Aditivos alimentares

No âmbito mundial, aditivo alimentar é qualquer substância que não se consome normalmente como alimento ou como ingrediente básico em sua formulação, tendo ou não valor nutritivo, e sua adição intencional ao alimento têm fins tecnológicos (incluindo os organolépticos) em suas fases de fabricação, elaboração, preparação, tratamento, envasamento, empacotamento, transporte ou armazenamento (WHO/FAO, 1995).

No que tange ao Brasil especificamente, a elaboração e a publicação da legislação que dispõe sobre o uso de aditivos alimentares e coadjuvantes são de competência da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Segundo a Anvisa, um aditivo ou coadjuvante só pode ser empregado pela indústria alimentícia quando estiver explicitamente definido em legislação específica, com suas respectivas funções, limites máximos e categorias de alimentos permitidas (ANVISA, 2009). Dos vários aditivos alimentares podemos citar três: emulsificantes, espessantes e estabilizantes.

Os agentes tensoativos ou emulsificantes são moléculas com características anfifílicas que se adsorvem na interface entre a fase dispersante e a dispersa durante o processo de emulsificação (BROOKS et al., 1998; SCHULLER e ROMANOWSKI, 1998). Os espessantes têm a capacidade de aumentar a viscosidade de emulsões, soluções e suspensões, dando “corpo” aos produtos, e têm como origem, geralmente carboidratos naturais ou modificados quimicamente. O amido é o agente espessante

mais utilizado, por ser relativamente barato, abundante e geralmente não conferir qualquer gosto perceptível quando utilizado em baixa concentração (SAHA e BHATTACHARYA, 2010). Os estabilizantes são moléculas hidrofóbicas que atuam sobre a água livre no meio, reduzindo a mobilidade e aumentando a viscosidade. Segundo Saha e Bhattacharya (2010) a adição de estabilizantes em produtos alimentícios atua positivamente nos atributos de qualidade e na sua vida útil.

3.3. Secagem

No ano de 1795, foi criada na França a primeira máquina de desidratar frutas e vegetais por meios não naturais, entretanto, os primeiros grandes impulsos ao desenvolvimento da indústria de alimentos desidratados ocorreram durante as grandes guerras mundiais (SILVA, 2013). Os primeiros secadores artificiais de produtos agrícolas foram desenvolvidos durante a primeira e segunda guerra mundial. A secagem é um dos mais antigos métodos, que visa manter a conservação de alimentos armazenados (MEYER et al., 1978; KUMAR et al., 2014). Esse método baseia-se na remoção de água em fase líquida ou gasosa, envolvendo simultaneamente transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem (FIOREZE, 2004; SILVA et al., 2008(2)).

Uma série de vantagens é atribuída à secagem, tais como:

- a) Permite a disponibilidade do produto no período de entressafra; possibilita produtos mais leves e menores (ARÉVALO-PINEDO e MURR, 2006; GUINÉ et al., 2011);
- b) Permite o armazenamento por períodos mais longos, sem risco de deterioração do produto (SILVA, 2008);
- c) Economia de energia, uma vez que não necessita de refrigeração para conservar o alimento (GEANKOPLIS, 1993);

- d) A secagem reduz a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem no produto durante o período de armazenamento (CORRÊA et al., 2007; KOUA et al., 2013).

A escolha do método de secagem depende de vários fatores, dentre os quais se destacam: tipo de produto, disponibilidade de secador, custo de secagem e finalidade do produto desidratado (SAGAR e KUMAR, 2010).

3.3.1. Curvas e modelagem 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. Segundo Keey (1992) existem dois métodos que podem ser empregados na determinação de curvas de secagem: a) pesagem direta da amostra, com intuito de monitorar a perda de umidade ou, b) monitoramento do secador, utilizando instrumentos como psicrômetros e higrômetros. Através de simulação matemática de sistema de secagem, pode-se obter o dimensionamento, otimização e a viabilidade da aplicação comercial de um determinado tipo de secador (AFONSO JÚNIOR e CORRÊA, 1999; COSTA et al., 2011).

As curvas de secagem de produtos agrícolas variam com a espécie, variedade, condições ambientais e métodos de preparo pós-colheita, entre outros fatores (COSTA et al., 2011). O estudo da cinética de secagem tem como objetivo o conhecimento do comportamento do material estudado ao longo do processo e a predição do tempo de secagem. A modelagem do processo é de suma importância no desenvolvimento e na otimização dos secadores, além disso, possibilita a padronização do processo, tendo como consequência, uma produção economicamente viável no final do processo de secagem.

Segundo Queiroz et al. (1995) e Beke et al. (1997) a simulação de secagem pode ser dividida em dois grupos: o teórico e o empírico. Os modelos empíricos baseiam-se, geralmente, na lei de resfriamento de Newton aplicada à transferência de massa (SYARIEF et al., 1984). Esses modelos consistem em formar grupos físicos adimensionais e baseiam-se nas condições externas, como temperatura, razão de mistura e velocidade de ar de secagem (CARLESSO et al., 2007). Já os modelos teóricos utilizam os fundamentos da matemática da difusão da transferência de calor e massa e descrevem o perfil da distribuição de água no interior dos produtos agrícolas. Diversas equações de cinética de secagem de produtos hortícolas são encontradas na literatura. Dentre as quais, destacam-se: Henderson e Pabis, Logaritmo, Midilli, Page, Midilli Modificado.

3.3.2 Secagem leito de espuma

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

A secagem em camada de espuma 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 et al., 2001). Durante o processo de secagem em camada de espuma; a estrutura, a capacidade de expansão e a estabilidade da espuma

desempenham um papel importante na movimentação de água durante a desidratação e, conseqüentemente, na qualidade do produto final (BAG et al., 2011). O método de secagem em leito de espuma utiliza agentes espessantes, emulsificantes ou estabilizantes, os quais têm como objetivo manter a espuma estável durante o processo de desidratação (LISBÔA et al., 2012).

A massa específica e a estabilidade da espuma são as características mais importantes para a posterior secagem e, diante disso, há necessidade do conhecimento do tipo ideal do aditivo a ser utilizado. Diversos aditivos vêm sendo estudados na secagem em leito de espuma, com intuito de avaliar o efeito desses produtos durante a desidratação, tais como: albumina em manga e tomate (RAJKUMAR et al., 2007; KADAM e BALASUBRAMANIAN, 2010); Emustab® em acerola (SOARES et al., 2001); maltodextrina em iogurte em pó (SULAKSONO et al., 2013); superliga neutra em guabiroba (BREDA et al., 2012). Ao avaliarem o efeito da desidratação pelo método do leito de espuma na retenção de vitamina C em polpa de cajamanga, utilizando três aditivos (Emustab®, Pectina e Super Liga Neutra) combinados, Breda et al. (2013) verificaram que, a adição de aditivos favoreceu o incremento de açúcares e fibras na polpa desidratada. Segundo esses mesmos autores, a melhor formulação combinada de aditivos para retenção de vitamina C em polpa de cajamanga desidratada foi a de Emustab® e Pectina.

Uma série de vantagens é atribuída à secagem em camada de espuma: bastante eficaz na conservação de alimentos; os custos envolvidos na sua aplicação relativamente baixos, comparados a outros métodos de secagem (FALADE e OKOCHA, 2010; KADAM et al., 2012); é uma tecnologia de fácil utilização, devido a sua simplicidade de manuseio (FALADE e OKOCHA, 2010). De forma geral, a taxa de secagem pelo método de leito de espuma é maior do que nos demais métodos não espumados, quando se utiliza um mesmo tipo de secador (WILSON et al., 2012;

THUWAPANICHAYANAN et al., 2012). Esse método proporciona o uso de baixa temperatura e menor tempo de desidratação, devido à maior área de superfície exposta ao ar (SILVA, et al., 2008). A secagem de polpa de produtos agrícolas pela secagem em leito de espuma permite a possibilidade da manutenção do material em temperatura ambiente, tendo como consequência, menores gastos com a conservação (FURTADO et al., 2010). Este método é adequado para alimentos viscosos e sensíveis ao calor (RAJKUMAR et al., 2007)

A secagem em leito de espuma vem sendo estudada em diversos produtos agrícolas: citrus (WARNER et al., 1964); suco de laranja (BERRY et al., 1972); polpa de tomate (BRYGIDYR et al., 1977); carambola (KARIM e WAI, 1999); polpa de acerola (SOARES et al., 2001); feijão-caupi (FALADE et al., 2003); banana (SANKAT e CASTAIGNE, 2004); manga (RAJKUMAR et al., 2007); polpa de cajamanga (BREDA et al., 2013); polpa de tomate (FERNANDES et al., 2013).

Deve-se ressaltar que, a temperatura de secagem a ser utilizada nesse método depende do produto a ser desidratado. Segundo Gurjão (2006) as temperaturas de 60 e 70 °C apresentaram melhores respostas durante a secagem de tamarindo pelo método espuma. Kadam et al. (2012) estudando o efeito das temperaturas de 65, 75 e 85 °C sobre a qualidade físico-química do pó do abacaxi exposto a secagem pelo método em leito de espuma, observaram que, a temperatura de 65 °C resultou em uma melhor manutenção da qualidade nutricional. Kadam et al. (2010) estudando o efeito do método de secagem em leito de espuma nas propriedades bioquímicas de manga em pó em diferentes temperaturas (65, 75 e 85 °C), obtiveram maior teor de carotenoides na secagem a 65 °C. Wilson et al., (2012) verificaram que a secagem em leito de espuma de manga na temperatura de 65 °C manteve uma melhor qualidade nutricional em relação as demais temperaturas estudadas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas e Qualidade de Produtos Agrícolas, pertencente ao Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem (CENTREINAR), e no Laboratório de Pós-Colheita, no Departamento de Fitotecnia, ambos da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Campus Viçosa, Minas Gerais.

4.1. Obtenção da matéria-prima

Foram utilizadas no experimento frutas da abóbora híbrida japonesa (*Cucurbita moschata* Duch), proveniente de Viçosa, Minas Gerais, as quais foram colhidas manualmente no estágio de maturação fisiológica.

As abóboras foram transportadas até o laboratório onde foram selecionadas, com intuito de eliminar os frutos com danos, deformações visíveis e doenças, tendo como consequência, a obtenção de um produto homogêneo. Em seguida, os frutos foram lavados com água clorada (50ppm de cloro ativo/15 min) por imersão.

Para o despulpamento, foi utilizada uma centrífuga de alimentos. A polpa obtida foi acondicionada em garrafas PET transparentes e armazenada em freezer a -20 °C, para posterior utilização. Para a realização das análises, a polpa foi descongelada em temperatura controlada de 20 °C.

4.2. Caracterização física e físico-química da polpa de abóbora

4.2.1. Caracterização física da polpa de abóbora

4.2.1.1. Determinação do teor de água

Amostras da polpa foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g, e logo após foi colocada em estufa a 105 °C por 24 horas, de acordo com as técnicas descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de água foi quantificado pela

diferença de massa entre a amostra inicial e a final após a secagem em estufa, sendo os resultados expressos em base úmida (b.u.) (Equação 1):

$$Umidade (b.u.) = \frac{m_i - m_f}{m_f} \cdot 100 \quad (1)$$

Em que:

m_i = massa de polpa inicial (kg)

m_f = massa de polpa final (kg)

4.2.1.2. Determinação da massa específica (ρ)

Foi determinada por picnometria, utilizando-se picnômetros padrões de 30 mL previamente calibrados. A amostra foi colocada em um picnômetro até o volume desejado e este foi pesado para que se tivesse a massa por volume (kg/m^3).

Para o cálculo da massa específica foram utilizadas as Equações 2 e 3.

$$\rho_{\text{amostra}} = \frac{m_{\text{amostra}}}{V_{\text{picnômetro}}} \cdot 1000 \quad (2)$$

$$m_{\text{amostra}} = m_{\text{picnômetro}} + \text{amostra} - m_{\text{picnômetro vazio}} \quad (3)$$

Onde:

ρ_{amostra} = massa específica da amostra (kg/m^3)

m_{amostra} = massa da amostra (g)

$V_{\text{picnômetro}}$ = volume do picnômetro (cm^3)

amostra = quantidade da polpa pesada (g)

4.2.1.3. Determinação da atividade de água (a_w)

A atividade de água foi determinada por meio do aparelho Aqualab 4 TE (Decagon Devices), que fornece leituras de atividade de água no intervalo de 0,050 a 1,000, com precisão de $\pm 0,003$ e resolução de 0,0001, na temperatura de 25 °C.

4.2.1.4. Determinação da cor

A caracterização da cor da polpa de abóbora foi medida por meio de análise direta de reflectância das coordenadas “L” (luminosidade), “a” (tonalidades de vermelho a verde) e “b” (tonalidades de amarela a azul), em um colorímetro tristímulo, empregando-se a escala CIE LAB obtida por meio do iluminante D65 e ângulo de detecção de 10°, sendo a análise realizada empregando a escala Hunter-Lab, conectada a um computador com sistema de software instalado.

A partir dos valores de L^* , a^* e b^* foram calculados os índices colorimétricos: o croma (C^*), que define a intensidade e a pureza de uma cor (Equação 4); e o ângulo hue (h^*), que define a tonalidade da cor (Equação 5), sendo 0° (vermelho), 90° (amarelo), 180° (verde) e 270° (azul). O ΔE , que é a diferença total de cor levando-se em consideração as condições iniciais de armazenamento dos frutos foi calculado pela Equação 6.

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (4)$$

$$h^* = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (5)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (6)$$

Outro parâmetro colorimétrico que foi estudado é o índice de escurecimento (IE), que foi calculado segundo o modelo proposto por Palou et al. (1999) na Equação 7:

$$IE = \frac{100 (X - 0,31)}{0,172} \quad (7)$$

Em que:

$$X = \frac{a^* + 1,75L^*}{5,64L^* + a^* - 3,01b^*} \quad (8)$$

4.2.1.5. Determinação da estabilidade da espuma a 20 °C

Foi montado um sistema constituído de uma proveta, com um funil acoplado e uma peneira, em que 10 g da polpa batida por 15 min em batedeira, foram colocados no funil contendo o filtro. O sistema foi deixado em repouso durante 3 horas e o filtrado foi pesado a cada 15 minutos, avaliando assim a porcentagem de espuma coalescida em relação ao volume inicial. Este método se baseia no método usado por Baptista (2002), mas difere por usar 10 g em vez de 80 mL de amostra.

4.2.2. Caracterização físico-química da polpa de abóbora

4.2.2.1. Determinação do teor de sólidos solúveis totais

Os teores de sólidos solúveis totais, expressos em °Brix foram determinados pela leitura direta, pelo método proposto pela AOAC (2002). Para esta análise foi usado um refratômetro portátil da marca Nova, modelo 113, devidamente aferido com água destilada. Uma amostra foi colocada sobre o prisma do aparelho e assim se procedeu à leitura direta do índice refratométrico indicado pelo aparelho.

4.2.2.2. Determinação do pH

Foi determinado usando-se 10 ml da amostra diluída em 90 ml de água destilada, até obtenção de uma mistura homogênea, com medição diretamente em pHmetro digital (Modelo PHS-3B, Phtek, São Paulo, Brasil), devidamente calibrado com solução tampão de pH 4,0 e 7,0 conforme AOAC (2002).

4.2.2.3. Acidez total titulável (ATT)

Foi determinada em porcentagem de ácido cítrico. Utilizou-se 10 ml de amostra diluída em 90 mL de água destilada, acrescida de 3 gotas de fenolftaleína 1% (solução indicadora). Com uma bureta contendo uma solução padronizada de hidróxido de sódio

0,1 mol.L⁻¹, procedeu-se a titulação até o ponto de viragem da fenolftaleína (AOAC, 2002). A acidez foi expressa em porcentagem de ácido cítrico.

4.2.2.4. Determinação do teor de açúcares solúveis totais

a) Extração

Os teores de açúcares solúveis totais (AST) foram extraídos retirando-se amostras de aproximadamente 3 g de polpa de abóbora e transferidas para um tubo de ensaio, sendo adicionado etanol 80% fervente (60-70 °C) até homogeneizar a amostra e armazenadas a 4 °C.

Para a extração, a solução foi centrifugada por 10 minutos a 2000 rpm em seguida a solução foi filtrada em papel filtro, repetindo a centrifugação 3 vezes completou-se o volume para 36 mL. O extrato foi transferido para frascos com tampa, vedados com parafilme e armazenados em geladeira para posterior determinação de açúcares solúveis totais e redutores. O resíduo retido no papel filtro foi seco em estufa e armazenado para determinação do teor de amido.

b) Quantificação dos açúcares solúveis totais

Foram quantificados pelo método fenol sulfúrico (DUBOIS et al., 1956). O extrato vegetal foi previamente diluído 20 vezes, do qual foram retiradas amostras de 250 µL que foram transferidas para tubos de ensaio com rosca. Em seguida, foram adicionados 250 µL de fenol a 5%, agitado e adicionado 1,25 mL de ácido sulfúrico concentrado, os tubos foram novamente agitados com vortex e levados por 20 minutos ao banho-maria, à temperatura de 30 °C. Após remoção dos tubos do banho-maria, esses foram colocados em temperatura ambiente por 30 minutos e, então, procedeu-se a leitura da absorbância em $\lambda = 490$ nm, em espectrofotômetro. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de sacarose.

A partir dos valores de absorvância, procederam-se os cálculos com as devidas correções na diluição utilizada, sendo o resultado expresso em % TESC (Total 80% Ethanol-Soluble Carbohydrate) na matéria seca.

4.2.2.5. Teor de açúcares redutores

a) Amostra

Para a quantificação de açúcares redutores (AR) foram utilizadas as mesmas amostras do extrato utilizado na quantificação de açúcares solúveis totais.

b) Quantificação do teor de açúcares redutores

Dos extratos armazenados foram retirados 200 µL e colocados em tubos de ensaio com rosca. Em seguida foi adicionado 200 µL de reativo de Nelson 4 (8 mL de reativo de Nelson 1 + 2 mL de reativo de Nelson 2) pelo método de Somogy-Nelson (NELSON, 1944). Os tubos foram, então, agitados e fervidos em banho-maria por 15 minutos. Os tubos foram resfriados em temperatura ambiente, e então, acrescentados 200 µL de reativo de Nelson 5 (3,5 mL de reativo de Nelson 3 + 7 mL de ácido sulfúrico (0,75 M) + 600 µL de água), novamente agitados em vortex e procedida a leitura das absorvâncias a 540 nm em espectrofotômetro. Os valores obtidos foram comparados com a curva padrão de glicose.

4.2.2.6. Determinação do teor de amido

a) Preparo das amostras

Para o preparo das amostras seguiu-se a metodologia descrita por McCready et al. (1950), utilizando-se o resíduo obtido pela extração de açúcares solúveis totais após secagem em estufa a 70 °C por pelo menos 72 horas. Os resíduos de cada amostra foram transferidos para um tubo de ensaio com rosca e ressuspensa em 2,5 mL de água

deionizada e 3,25 mL de ácido perclórico 52%, agitado em vortex e deixado em repouso por 30 minutos. Em seguida foram centrifugadas a 2000 g por 15 minutos. Os sobrenadantes foram coletados e depositados em proveta de 25 mL. Essa operação foi realizada em triplicata, e o volume das provetas foi completado com água deionizada. O extrato foi filtrado e armazenado sob refrigeração em frascos tampados para posterior quantificação.

b) Quantificação do teor de amido

As amostras armazenadas foram retiradas da refrigeração e colocadas em temperatura ambiente. Em seguida foi realizada a diluição de 40 vezes. Dessa diluição utilizou-se uma alíquota de 250 µL para a quantificação do teor de amido, a qual se procedeu da mesma maneira utilizada para quantificação do teor de açúcares solúveis totais, descrita anteriormente, sendo o resultado multiplicado pelo fator de 0,9.

4.2.2.7. Determinação dos carotenoides totais

Foram utilizadas as mesmas amostras do extrato utilizado na quantificação de açúcares solúveis totais. Foi feita a leitura da absorbância a 445 nm. Para expressar os resultados, foi utilizada a Equação 9:

$$C = \frac{V_{\text{total}} A 10000 D}{P_{\text{amostra}} C_{\text{absortividade}}} \quad (9)$$

Onde:

C = concentração de carotenoide, µg/g

V_{total} = volume total da amostra, ml

D = diluição da amostra, ml

A = absorbância

P_{amostra} = peso da amostra, g

$C_{\text{absortividade}}$ = coeficiente de absorvidade molar

O coeficiente de absorvidade molar utilizado foi 2592, segundo recomendações preconizadas por Rodriguez-Amaya (1989).

4.3. Processo de formação e caracterização da espuma

4.3.1. Processo de formação da espuma

Para a formação da espuma, foram utilizados os seguintes aditivos: a) albumina, produto à base da proteína do ovo; b) Emustab®, produto à base de monoglicerídeos destilados, monoestearato de sorbitana e polisorbato 60; c) maltodextrina, produto à base de amido de milho; e d) Superliga®, produto à base de sacarose e dos espessantes, carboximetil-celulose e goma guar. Esses aditivos foram usados nas proporções de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0% da massa.

Foram adicionados à polpa da abóbora (175 g) os aditivos na concentração desejada, sendo esta mistura submetida à agitação, em uma batedeira doméstica, por 15 minutos para obtenção da espuma. A espuma formada foi submetida às análises seguintes para sua caracterização.

4.3.2. Caracterização física da espuma de abóbora formada

4.3.2.1. Determinação da massa específica e da estabilidade da espuma

Essas análises foram feitas com a espuma formada com o aditivo na concentração estabelecida, seguindo as técnicas já descritas no item 4.2 para a caracterização da polpa da abóbora *in natura*.

4.3.2.2. Determinação da expansão da espuma

A expansão da espuma foi calculada a partir da equação 10.

$$\text{Exp (\%)} = \frac{\frac{1}{\rho_{\text{espuma}}} - \frac{1}{\rho_{\text{polpa}}}}{\frac{1}{\rho_{\text{polpa}}}} 100 \quad (10)$$

Onde:

ρ_{amostra} = massa específica da amostra (g/cm³)

m_{amostra} = massa da amostra (g)

$V_{\text{picnômetro}}$ = volume do picnômetro (cm³)

Exp = expansão da espuma (%)

ρ_{polpa} = massa específica da polpa (g/cm³)

ρ_{espuma} = massa específica da espuma (g/cm³)

4.4. Determinação do melhor aditivo e a melhor concentração

Foram determinados através das análises de massa específica, expansão e estabilidade da espuma.

4.5. Secagem em leito de espuma

Após a escolha do emulsificante e da concentração mais adequados foi realizada a secagem da espuma formada em diferentes temperaturas.

A espuma formada foi espalhada sobre bandejas formando uma camada fina de cerca de 7,0 mm de espessura. Em seguida, a espuma foi levada para a secagem em um secador de cabine com convecção forçada de ar aquecido, no qual as temperaturas de secagem foram de 40, 50, 60, 70 e 80 °C (Figura 2).

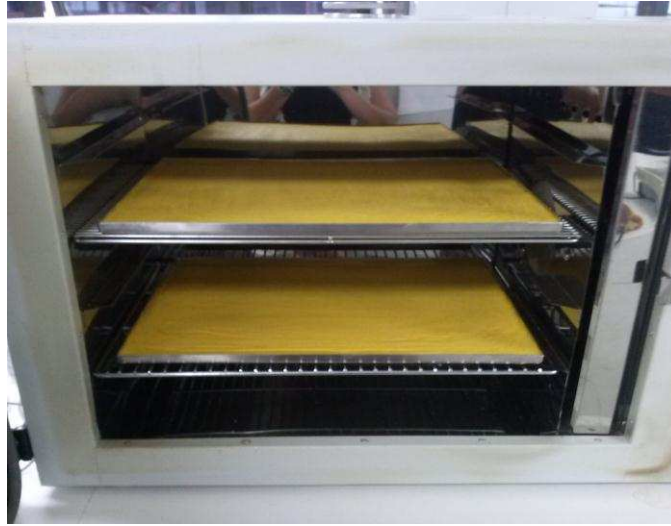


Figura 2. Bandejas com o produto colocado na estufa.

As teorias que regem o estudo do período de secagem constante podem ser aproximadas com as teorias sobre os estudos de balanços de transferência calor e massa para o termômetro de bulbo úmido. Sendo assim, a taxa de secagem constante foi representada por meio da Equação 11 (BROOKER et al. 1992).

$$\frac{dM}{dt} = \frac{h_c A}{h_{fg}} (T_\infty - T_{bu}) = \frac{h_m A}{R_v} \left(\frac{P_{vbu}}{T_{bu}} - \frac{P_{v\infty}}{T_\infty} \right) \quad (11)$$

Em que:

h_c = coeficiente global de transferência de calor, $W m^{-2} \text{ } ^\circ C$

h_m = coeficiente global de transferência de massa, $m s^{-1}$

h_{fg} = calor latente de vaporização, $J kg^{-1}$

R_v = constante universal para o vapor d'água, $0,462 J kg^{-1} K^{-1}$

A = área, m^2

P_{vbu} = pressão de vapor para a temperatura de bulbo molhado

$P_{v\infty}$ = pressão de vapor

T_{bu} = temperatura de bulbo úmido, $^\circ C$

T_∞ = temperatura de secagem, $^\circ C$

$\frac{dM}{dt}$ = taxa de secagem constante, $kg s^{-1}$

4.5.1. Modelagem da secagem da espuma da abóbora

Aos dados experimentais da secagem da espuma da abóbora foram ajustados modelos de regressões frequentemente usados para descrever o fenômeno da secagem (Tabela 1).

Tabela 1. Modelos matemáticos usados para modelagem da secagem da espuma da abóbora.

Designação do modelo	Modelo	
Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-k t)$	(12)
Logaritmo	$RU = a \exp(-k t) + b$	(13)
Midilli	$RU = a \exp(-k t^n) + b t$	(14)
Page	$RU = \exp(-k t^n)$	(15)
Midilli Modificado	$RU = \exp(-k t^n) + (b t)$	(16)

Em que:

t := tempo de secagem, minuto

k := constante de secagem, min^{-1}

a, b, c, g, h, n = coeficientes dos modelos, adimensionais.

A razão de umidade (RU) foi determinada de acordo com a Equação 17.

$$RU = \frac{U_t - U_e}{U_0 - U_e} \quad (17)$$

Em que:

U_t = teor de água num tempo t , $\text{kg}_a \text{kg}_{\text{ms}}^{-1}$

U_0 = teor de água inicial, $\text{kg}_a \text{kg}_{\text{ms}}^{-1}$

U_e = teor de água no equilíbrio, $\text{kg}_a \text{kg}_{\text{ms}}^{-1}$.

4.5.2. Caracterização física e físico-química do pó de abóbora

Logo após a secagem o produto seco foi retirado da bandeja e desfragmentado para a realização da caracterização do pó formado (Figura 3).



Figura 3. Bandeja contendo o produto após a secagem.

4.5.2.1. Caracterização física

4.5.2.1.1. Determinação do teor de água, a_w e cor

Foram feitas seguindo a mesma metodologia usada na caracterização da polpa *in natura* descrita no item 4.2.

4.5.2.1.2. Determinação da massa específica

Foi determinada seguindo a mesma metodologia usada na caracterização da polpa *in natura* descrita no item 4.2.

4.5.2.2 Caracterização físico-química

4.5.2.2.1. Determinação do pH, ATT, teor de açúcar solúveis totais, açúcar redutor, açúcar não redutor, amido e carotenoides totais

Foram feitas seguindo a mesma metodologia usada na caracterização da polpa *in natura* descrita no item 4.2.

4.6. Delineamento experimental e análise estatística

Para verificar o efeito dos aditivos (Albumina, Emustab®, Maltodextrina e Super Liga Neutra®) nas diferentes concentrações (0%; 2,5%; 5%; 7,5% e 10 %) sobre a massa específica, expansão e estabilidade das espumas, o experimento foi montado segundo o esquema fatorial 4 X 4, com 4 diferentes tipos de emulsificante em 4 concentrações, e o controle que é a polpa sem adição do aditivo, no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 5 repetições. Os dados foram submetidos a uma análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo (emulsificante) as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey e Dunnett à 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo (concentração) os modelos foram escolhidos baseados nas análises de massa específica, expansão e estabilidade.

As secagens foram feitas em experimento montado no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 4 repetições e 5 tratamentos (temperaturas). Para o ajuste dos modelos matemáticos, foi realizada análise de regressão linear e não-linear, pelo método Gauss Newton, utilizando-se do “software” STATISTICA 5.0®.

Já os dados experimentais da secagem foram submetidos à análise de regressão e a seleção do modelo foi baseada no coeficiente de determinação do erro médio relativo e do erro médio estimado.

Os valores do erro médio relativo (P) e do erro médio estimado (SE) serão calculados de acordo com as Equações 18 e 19:

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y_i - \hat{Y}_i|}{Y_i} \quad (18)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{GLR}} \quad (19)$$

Em que:

Y_i = valor observado,

\hat{Y}_i = valor estimado,

n = número de dados observados,

GLR = graus de liberdade do resíduo (número de dados observados menos o número de parâmetros do modelo).

Já os dados experimentais das análises do pó formado após a secagem foram submetidos a uma análise de variância e de regressão. Para o fator qualitativo as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey e de Dunnett a 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” a 5% de probabilidade e no coeficiente de determinação (R^2).

Nas análises de variância e de regressão, utilizou-se o Software SAEG (SAEG, 2007). E para a obtenção das equações de regressão e plotagem dos gráficos, utilizou-se o Software SigmaPlot (SPSS, 2001).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização da polpa de abóbora *in natura*

Na Tabela 2, são apresentados os valores das propriedades físico-químicas da polpa de abóbora *in natura*.

Tabela 2. Valores médios e correspondentes desvios padrão das características físico-químicas da polpa de abóbora *in natura*.

Variáveis	Média	Desvio padrão
Massa específica (kg/m ³)	1058,61	0,0429
pH	6,83	0,1756
ATT (% ácido cítrico)	1,84	0,0548
Sólidos solúveis (%)	9,0	0,0
Atividade de água (a 25 °C)	0,99	0,0015
Teor de água (% b.u.)	86,40	0,2268
Teor de Carotenoide (µg/g)	76,53	12,1793
Amido (%)	5,20	1,0768
Açúcar redutor (%)	1,84	0,8032
Açúcar total (%)	3,91	0,5607
Açúcar não redutor (%)	2,06	1,1592
Cor	L	56,69
	a*	16,63
	b*	69,70
	H	76,58

ATT = Acidez Total Titulável.

A massa específica da polpa de abóbora está de acordo com os encontrados para polpa de frutas, com teor de água semelhante. Mata et al. (2005) determinaram a massa específica para polpa de cajá, encontrando 1253,00 Kg/m³. Dantas Junior et al. (2007) encontraram um valor de 1009,00 Kg/m³, para polpa de manga, na mesma temperatura. Lima *et al* (2003), encontraram valores de 1006,00 Kg/m³ para polpa de umbu, com 10°Brix. O valor de massa específica aqui encontrada mostra que a polpa da abóbora é mais densa que a água, o que é uma tendência das polpas de fruta e hortaliças em geral.

Esta variável depende da temperatura e dos Sólidos Solúveis, entre outras propriedades da polpa. Ela serve como caracterizadora do fruto, sendo dado importante em técnicas de separação e em sistemas de mistura e homogeneização. A massa específica da polpa está diretamente relacionada com a sua porosidade. Neste trabalho, buscou-se diminuir esta massa específica pelo uso de aditivos, na intenção de diminuir o tempo de secagem e de permitir a formação de um pó mais solúvel, quando da desidratação pelo processo de secagem em leito de espuma.

O valor médio encontrado para o pH foi 6,83, resultado próximo aos obtidos anteriormente por Russo et al. (2012) e Atef et al. (2012), 6,30 e 7,15 respectivamente. Em relação a ATT, o valor observado foi de 1,84%. Russo et al. (2012) estudando a qualidade de abóbora minimamente processada, encontrou valor de 0,52 g de ácido málico 100g^{-1} de ATT da polpa fresca. Resultados diferentes podem ser atribuídos a variação da variedade da abóbora, pois nessa pesquisa usou a abóbora híbrida japonesa (*Cucurbita moschata* Duch), enquanto que Russo et al. (2012) usaram em sua pesquisa a abóbora Paulista madura (*Curcubita máxima* Duch).

Para o valor de sólidos solúveis foi encontrado valor de 9,0%, valor esse diferente do observado por Pinedo (2003) (5,70%). Tendo em vista que a variedade da abóbora utilizada foram as mesmas (*Cucurbita moschata* Duch), nos dois trabalhos, a diferença observada no valor dos sólidos solúveis totais pode ser atribuída a diferença de manejo da lavoura dessa hortaliça tais como localização da lavoura, tratamentos culturais e estágio de maturação.

O teor de água da polpa fresca de abóbora (86,40% b.u.) foi menor do que o encontrado por Guiné et al. (2011) (91,9% b.u.) e idêntico ao encontrado por Pękosławsk e Lenart (2009) (86,40% b.u.). Em relação à atividade de água, os resultados apresentados nesse estudo corroboram com Pękosławsk e Lenart (2009), que

estudando o efeito da desidratação osmótica em polpa de abóbora, observaram que, a atividade de água inicial foi de 0,99%.

Quanto aos teores de açúcares redutores e totais, os valores médios encontrados foram 1,84% e 3,91%, respectivamente, resultados próximos aos observados por Pinedo (2003) que encontrou valores de 1,81% e 3,02% de açúcar redutor e açúcar total, respectivamente, em abóbora *in natura*. Daiuto et al. (2012) encontrou valores próximos, 1,68% para o açúcar redutor, aos observados nesse estudo, e menor do que o encontrado por Guiné et al. (2011) (2,3%). As diferenças entre os valores aqui encontrados e os encontrados na literatura, podem ser atribuídas à variabilidade típica dos materiais biológicos.

Em relação às características cromáticas, os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por Russo et al. (2012), que estudando a qualidade de abóbora minimamente processada obtiveram valores de $L= 61,6\pm 0,4\%$; $a^*= 21,6\pm 1,9$ e $b^*=62,0\pm 6,6$.

5.2. Caracterização da espuma

A caracterização da espuma foi realizada a fim de selecionar o tipo de aditivo e a concentração deste para posterior utilização na secagem em leito de espuma. Os critérios utilizados para esta seleção se basearam na estabilidade, massa específica e expansão das espumas. Os valores médios das variáveis massa específica e estabilidade da espuma diferiram significativamente em relação ao controle (polpa de abóbora) pelo teste Dunnet a 5% de probabilidade, exceto para o aditivo maltodextrina (M) na concentração 5,0% (2) na análise de massa específica (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios das variáveis, massa específica e estabilidade da polpa e da espuma formada com os aditivos, Albumina (A), Esmutab® (E), Maltodextrina (M) e Super Liga Neutra® (S), nas concentrações de 2,5% (1), 5,0% (2), 7,5% (3) e 10% (4).

Tratamento	Médias	
	Massa específica (kg/m ³)	Estabilidade (%)
Polpa	1058,61	0
A – 1	986,98 *	24,70*
A – 2	888,628*	49,56 *
A – 3	997,07*	17,52 *
A – 4	743,42 *	27,15 *
E – 1	299,29*	41,47 *
E – 2	212,74*	96,91 *
E – 3	210,83*	23,02 *
E – 4	201,46*	32,19 *
M – 1	1006,70*	34,50 *
M – 2	1051,18	98,62 *
M – 3	1019,84*	22,40 *
M – 4	872,72*	92,38 *
S – 1	539,25*	52,58 *
S – 2	659,44*	99,06 *
S – 3	639,71*	36,20 *
S – 4	839,76*	100,0 *

Médias com * na coluna diferem do valor da polpa pelo teste Dunnett ($P < 0,05$).

Pela Tabela 3 pode-se observar que com exceção do aditivo maltodextrina na concentração 5,0%, a massa específica da espuma formada com os diferentes aditivos

em diferentes concentrações diferiram da polpa *in natura*, essa diferença foi observada por Dantas (2010), que obteve espuma de diferentes frutas com diferentes formulações. Dantas (2010) observou que ao adicionar os aditivos emulsificante e liga neutra artesanal provocou uma redução tanto da massa específica como da estabilidade da espuma, comparado com a polpa *in natura* das frutas em estudo.

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

5.2.1. Massa específica

Os resultados referentes à massa específica da espuma com o uso de quatro aditivos (albumina, Esmutab®, Maltodextrina e Super Liga Neutra®) nas concentrações de 2,5; 5,0; 7,5 e 10,0% estão apresentados na Tabela 4.

O teste de média da massa específica da espuma, ao nível de 5% de probabilidade, indicou variação significativa ($P < 0,05$) entre os aditivos usados para formação da espuma, independentemente da concentração utilizada. Observou-se ainda que, o aditivo Maltodextrina, apresentou estatisticamente ($P < 0,05$) maior valor médio de massa específica em todas as concentrações, em relação aos demais aditivos. Já o Esmutab® apresentou estatisticamente ($P < 0,05$) menor valor médio de massa específica nas diferentes combinações de concentração, comparado aos demais. Segundo Van Arsdell e Copley (1964), um aditivo (agente espumante) para ser considerado eficiente, deve apresentar uma faixa de massa específica que compreende de 100 kg m^{-3} a 600 kg m^{-3} . Nesse sentido, pode-se inferir que, o aditivo Emustab®, para essas condições de

estudo, apresentou uma melhor eficiência para formação de espuma, uma vez que apresentou massa específica satisfatória nas quatro concentrações.

Tabela 4. Valores médios das variáveis, massa específica, expansão e estabilidade para as respectivas combinações de concentrações (CO) e aditivos para a formação da espuma.

Massa específica (kg/m³)				
CO (%)	Albumina	Emustab®	Maltodextrina	Super Liga Neutra®
2,5	986,98 a	299,29 c	1006,70 a	539,25 b
5,0	888,63 b	212,74 d	1051,18 a	659,44 c
7,5	997,07 a	210,83 c	1019,84 a	639,71 b
10,0	743,42 b	201,46 c	872,72 a	839,76 a
Expansão (%)				
CO (%)	Albumina	Emustab®	Maltodextrina	Super Liga Neutra®
2,5	7,52 c	253,78 a	5,40 c	97,31 b
5,0	19,14 c	398,19 a	0,72 d	60,55 b
7,5	6,20 c	402,70 a	3,82 c	65,51 b
10,0	42,41 b	425,89 a	21,36 c	26,07 c
Estabilidade (%)				
CO (%)	Albumina	Emustab®	Maltodextrina	Super Liga Neutra®
2,5	24,70 bc	49,56 a	17,51 c	27,15 b
5,0	41,47 b	96,91 a	23,02 d	32,19 c
7,5	34,50 b	98,62 a	22,40 c	92,38 a
10,0	52,58 b	99,06 a	36,20 c	100,0 ac

* Médias seguidas com a mesma letra, na linha para cada concentração, não diferem entre si pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

Apresentam-se, na Figura 3, as curvas de regressão que descrevem o comportamento da massa específica da espuma em função da concentração para cada agente espumante testado. Verifica-se uma tendência de redução da massa específica da

espuma com o aumento da concentração da albumina, Maltodextrina e Emustab®. Corroboram com esses resultados, estudos feitos por Thuwapanichayanan et al. (2008) onde observaram que com o aumento de albumina, verificou-se uma redução na massa específica da espuma da polpa de banana. Esse comportamento também foi verificado por Falade et al. (2003) onde constataram que a massa específica da espuma de *Vigna unguiculata* decresceu com o aumento da concentração do agente espumante (albumina). Essa redução na massa específica se deve a formação de bolhas de ar durante o processo de formação da espuma, tendo como consequência, uma maior retenção de ar na espuma (THUWAPANICHAYANAN et al., 2012; THUWAPANICHAYANAN et al., 2008).

No que se refere ao aditivo Super Liga Neutra®, verificou-se um incremento na massa específica da espuma com o aumento da concentração do agente espumante. Resultados semelhantes foram constatados por Sousa (2011) e Bag et al. (2011). Sousa (2011) verificou que com o incremento da concentração do aditivo Super Liga Neutra® houve um aumento na massa específica da espuma formada com a polpa de cupuaçu. Segundo Bag et al. (2011) com o aumento da concentração do agente espumante metilcelulose, observou-se um acréscimo na massa específica da espuma. Isso se deve a elevada viscosidade proveniente da mistura do agente espumante, impede o aprisionamento de bolhas de ar, tendo como consequência, maior massa específica da espuma (BIKERMAN, 1973; BAG et al., 2011). Na Tabela 5, encontram-se os modelos ajustados para representarem estas variações.

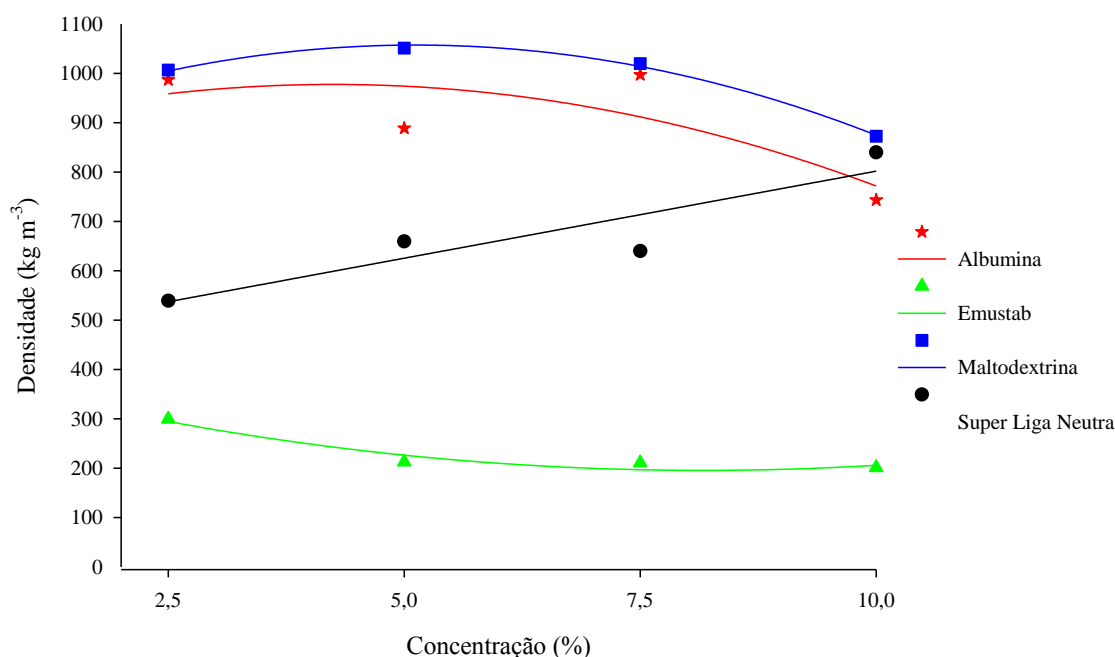


Figura 3. Massa específica da espuma (kg m^{-3}) em função dos aditivos (Albumina, Emustab®, Maltodextrina e Super Liga Neutra®) e das concentrações (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0% p/p).

Tabela 5. Sumário das equações de regressões ajustadas das variáveis estabilidade, massa específica e expansão em função da concentração para os respectivos aditivos e os coeficientes de determinação (R^2)

Variável	Aditivo	Equações ajustadas	R^2/r^2
Estabilidade	Albumina	$\hat{Y} = 19,14 + 3,06C$	0,71
	Emustab®	$\hat{Y} = -10,16 + 29,46C - 1,87C^2$	0,94
	Maltodextrina	$\hat{Y} = 20,51 - 1,59C + 0,30C^2$	0,91
	Super liga Neutra®	$Y = -6,75 + 11,15 C$	0,87
Massa específica	Albumina	$\hat{Y} = 865,47 + 52,75C - 6,211C^2$	0,61
	Emustab®	$\hat{Y} = 401,42 - 50,41C + 3,09C^2$	0,93
	Maltodextrina	$\hat{Y} = 856,45 + 78,46C - 7,66C^2$	0,99
	Super liga Neutra®	$\hat{Y} = 449,09 + 35,27C$	0,82
Expansão	Albumina	$\hat{Y} = 26,63 - 8,63C + 0,98C^2$	0,67
	Emustab®	$\hat{Y} = 88,41 + 81,44C - 4,85C^2$	0,93
	Maltodextrina	$\hat{Y} = 22,86 - 9,07C + 0,89C^2$	0,99
	Super liga Neutra®	$\hat{Y} = 114,55 - 8,35C$	0,85

5.2.2. Expansão

No que se refere à expansão da espuma, nota-se diferença estatística ($P < 0,05$) entre os quatro aditivos utilizados em todas as concentrações (Tabela 4). Observa-se que o agente espumante Emustab® proporcionou estatisticamente ($P < 0,05$) maior valor médio de expansão da espuma em relação aos demais aditivos nas diferentes combinações de concentração. Segundo Dantas (2010), a expansão da espuma acima de 100% é o ideal para o processo de secagem. Diante de tal afirmativa, o aditivo Emustab® apresentou um melhor desempenho, visto que, independente da concentração utilizada, observou-se valor de expansão acima de 100%. Em geral, a expansão da espuma foi menor quando utilizou-se a albumina e maltodextrina como agente espumante.

As curvas de regressão que descrevem o comportamento da expansão da espuma, em função da concentração para cada agente espumante testado, são apresentadas na Figura 4. Observou-se elevação da expansão da espuma com aumento da concentração de Emustab®. Isso ocorre devido uma maior formação e retenção de bolha de ar durante o processo de formação da espuma, o que acarreta em uma maior expansão. No entanto para o aditivo Super Liga Neutra®, observou-se comportamento contrário, ou seja, redução da expansão da espuma com o incremento da concentração do aditivo. Concentrações elevadas de um determinado aditivo podem tornar o produto viscoso, o que impede a retenção de ar durante o processo (BAG et al., 2011). Possivelmente, devido às características da Super Liga Neutra®, o aumento da concentração resultou em um produto mais viscoso, gerando assim, um produto de baixa expansão.

Por outro lado, a expansão da espuma em função do uso da albumina e maltodextrina apresentaram um comportamento de oscilação com o aumento da concentração desses aditivos. Entretanto, esse comportamento não foi observado por

Balasubramanian et al. (2012) que, estudando a otimização das condições de formação de espuma de suco de tomate, observaram que com o aumento da concentração da albumina como agente espumante, houve uma maior expansão da espuma. Os modelos ajustados para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 5.

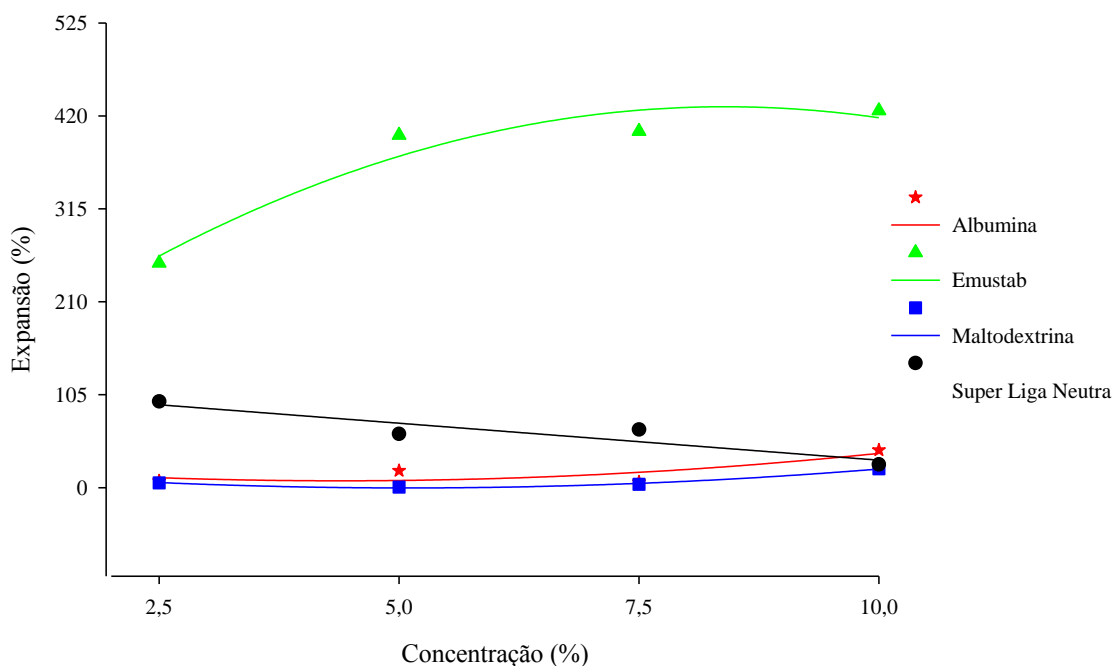


Figura 4. Expansão da espuma (%) em função dos aditivos (Albumina, Emustab®, Maltodextrina e Super Liga Neutra®) e das concentrações (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0% p/p).

5.2.3 Estabilidade

A estabilidade da espuma variou significativamente ($P < 0,05$) entre os aditivos, nas diferentes combinações de concentração (Tabela 4). Observou-se ainda que o aditivo Maltodextrina®, apresentou estatisticamente ($P < 0,05$) menor valor médio de estabilidade em todas as concentrações, em relação aos demais aditivos. Já o Emustab® apresentou estatisticamente ($P < 0,05$) maior valor médio de estabilidade nas diferentes combinações de concentração, comparado aos demais. 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).

Segundo Karim e Wai (1999), durante o processo de secagem, se a espuma não permanecer estável, ocorre colapso celular, acarretando assim, efeitos negativos na qualidade final do produto, uma vez que, a secagem será comprometida.

Apresentam-se, na Figura 5, as curvas de regressão que descrevem o comportamento da estabilidade da espuma em função da concentração para cada agente espumante testado. Em geral, nota-se um comportamento de aumento da estabilidade da espuma com o incremento da concentração dos quatros aditivos testados. Desempenhos semelhantes foram elucidados na literatura: Karim e Wai (1999) verificaram que a estabilidade da espuma utilizada na secagem de acerola aumentou com o incremento da concentração do aditivo Methocel 65 HG; Bastos et al. (2005) utilizaram o aditivo Monoestearato de Sorbitana em diferentes concentrações (0,5%, 1,0% e 2,5%), observaram que não houve diferença na estabilidade da espuma, independente da concentração do agente espumante. Segundo Kadam et al. (2010), diversos fatores podem influenciar a estabilidade da espuma, tais como: temperatura da amostra durante a formação da espuma, tempo de batimento, tipo e quantidade de agente espumante. Os modelos ajustados para representarem estas variações encontram-se na Tabela 5.

Diante dos resultados obtidos sobre a massa específica, extensão e estabilidade da espuma, escolheu-se o aditivo Emustab® para dar prosseguimento aos estudos de secagem em leito de espuma. Registra-se ainda o baixo custo desse produto em relação aos demais testados. Selecionou-se a concentração através de derivada das equações de regressão, com intuito de obter pontos mínimos e máximos. Em relação à estabilidade, a concentração de 7,88% de Emustab® forneceu o ponto máximo ideal para secagem. A característica de expansão foi obtida a partir do ponto de máximo (430,29%), na concentração de 8,39%, já para a massa específica, a concentração de 8,16% de Emustab® forneceu o ponto máximo ($195,82\text{kg/m}^3$). Diante do exposto, obteve-se o

intervalo de 7,88% - 8,39% de Emustab®, sendo assim, o valor escolhido para prosseguir os estudos foi 8% do aditivo Emustab®.

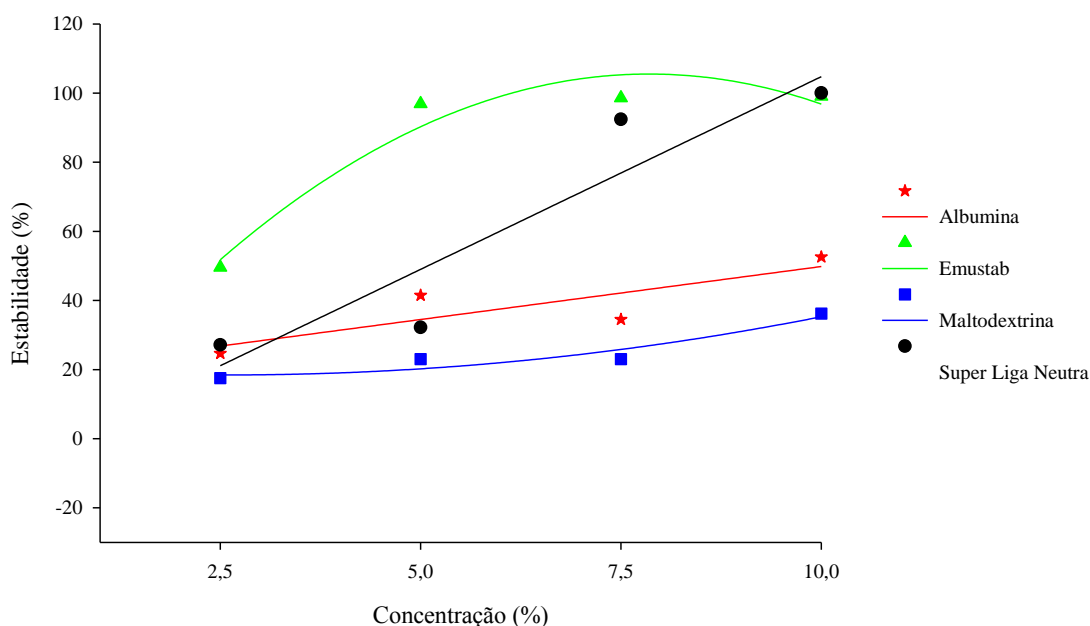


Figura 5. Estabilidade da espuma (%) em função dos aditivos (Albumina, Esmutab®, Maltodextrina e Super Liga Neutra®) e das concentrações (2,5; 5,0; 7,5 e 10,0% p/p).

5.3. Cinética de secagem

Estabelecido o aditivo (Emustab®) e a concentração (8%) a ser utilizado, procedeu-se a secagem em leito de espuma da polpa da abóbora a 40, 50, 60,70 e 80 °C, distribuídas em camadas de espessura igual a 7 mm. As curvas de secagem são apresentadas na Figura 6.

A análise dessas curvas revela que o acréscimo na temperatura favorece a diminuição do tempo de secagem. Concordantes com essa observação encontram-se os estudos realizados por Melo et al. (2013), que estudaram a secagem em leito de espuma da polpa do mandacaru em diferentes temperaturas. Esse comportamento também foi elucidado por Thuwapanichayanan et al. (2008) para secagem de polpa da banana pelo método de leito de espuma, verificando que a medida que aumentou a temperatura de

secagem, houve uma redução no tempo do processo. Outros trabalhos envolvendo secagem de produtos agrícolas apresentaram o mesmo comportamento: alho (MADAMBA et al., 1996), berinjela (ERTEKIN e YALDIZ, 2004) e quiabo (DOYMAZ, 2005). Esse fenômeno é explicado pelo aumento da taxa de secagem (AKPINAR et al., 2003). Isso ocorre devido ao aumento do potencial de transferência de calor entre o ar e a camada do produto (FERREIRA et al., 2012).

O tempo médio para que se atingisse o teor de água de equilíbrio para 40, 50, 60, 70 e 80 °C foram de 1830, 930, 360, 270 e 150 min, respectivamente. DOYMAZ (2007), estudando a cinética de secagem de fatias de abóbora por convecção forçada de ar, observaram que o tempo necessário para atingir a umidade de equilíbrio nas temperaturas de 50, 55 e 60 °C foram de 750, 390 e 270 min, respectivamente. Esse tempo reduzido, verificado por esses autores para atingir o teor de água de equilíbrio, possivelmente é devido ao fato dos autores utilizarem uma quantidade reduzida da polpa da abóbora (150 g).

Pode-se observar que não existe uma taxa constante de secagem da espuma da polpa de abóbora, o que ocorre é uma taxa decrescente de secagem. Sugere-se um mecanismo físico predominante ao longo do processo de secagem, ou seja, ocorre um processo de difusão de umidade (SILVA et al., 2009; DOYMAZ, 2007). Na fase final de secagem, a taxa de migração de umidade da superfície interior para superior é reduzida (RAJKUMAR et al., 2007). Este resultado de taxa decrescente de secagem está de acordo com AKPINAR et al. (2003) para abóbora, GOGUS e MASKAN (1999) para quiabo e KAYMAK-ERTEKIN (2002) para pimentão.

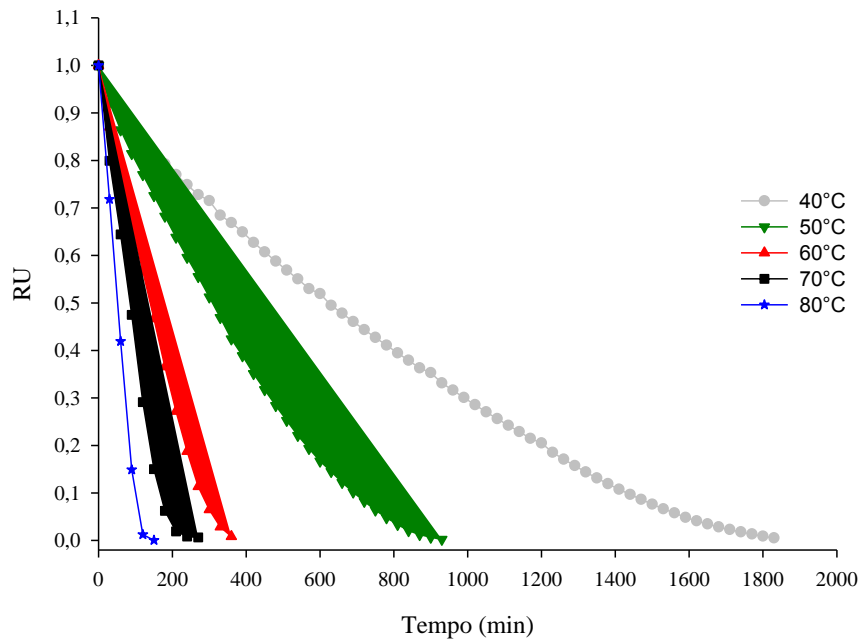


Figura 6. Curvas de secagem em camada de espuma da polpa de abóbora em diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80 °C).

5.4. Modelagem matemática das curvas de secagem

Na tabela 6 está apresentado o resumo dos ajustes e os parâmetros estatísticos dos modelos de Henderson e Pabis, Logaritmo, Midilli, Page e Midilli Modificado ajustados aos dados experimentais da secagem da espuma de abóbora, além dos coeficientes de determinação (R^2), desvio quadrático médio DQM, erros médios relativos (P) e o erro médio estimado (SE).

Como critério de seleção do modelo que melhor representa o processo de secagem da polpa da abóbora, utilizou-se o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM) (Ertekin e Yaldiz, 2004), em que quanto menor o valor de DQM melhor é a representação do modelo empregado. Os modelos de Midilli, seguida pelas equações de Midilli Modificado e a de Logarítmico se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais da secagem da espuma de abóbora. Os resultados apresentados nesse estudo corroboram com Lima et al. (2007) ao avaliarem diferentes equações matemáticas para a cinética de secagem da polpa de facheiro concluíram que a equação

de Midilli apresentou melhores resultados de R^2 e DQM. Desempenho similar foi observado por Meisami-Asl et al. (2009), que estudando os diferentes modelos matemáticos na cinética de secagem em camada delgada de fatias de maçã em temperaturas de 40 a 80 °C, concluíram que o modelo de Midilli melhor representou os dados experimentais de secagem.

Tabela 6. Parâmetros dos modelos aplicados para a representação dos dados experimentais e seus respectivos coeficientes de determinação (R^2), desvios quadráticos médios (DQM), erro médio relativo (P) e do erro médio estimado (SE).

Modelos	T (°C)	Parâmetros ⁽¹⁾				R^2	DQM	P	SE
		k	a	n	b				
Henderson e Pabis	40	$1,3345 \cdot 10^{-3}$	1,0326	-	-	0,9848	0,0969	104,76	0,0491
	50	$2,8713 \cdot 10^{-3}$	1,0728	-	-	0,9836	0,0490	156,73	0,0498
	60	$6,7385 \cdot 10^{-3}$	1,0966	-	-	0,9793	0,0640	181,24	0,0667
	70	$1,1543 \cdot 10^{-2}$	1,1052	-	-	0,9819	0,0629	217,91	0,2684
	80	$1,8280 \cdot 10^{-2}$	1,0898	-	-	0,9749	0,0774	2351,19	0,0856
Logaritmo	40	$6,1506 \cdot 10^{-4}$	1,4351	-	-0,4832	0,9995	0,0092	19,92	0,0093
	50	$1,5636 \cdot 10^{-3}$	1,3436	-	-0,3438	0,9992	0,0122	46,56	0,0125
	60	$2,9916 \cdot 10^{-3}$	1,5753	-	-0,5572	0,9979	0,0203	71,07	0,0216
	70	$7,8188 \cdot 10^{-3}$	1,2461	-	-0,1895	0,9931	0,0389	144,80	0,2773
	80	$9,4026 \cdot 10^{-3}$	1,4526	-	-0,4168	0,9938	0,0286	1783,16	0,0452
Midilli	40	$6,7626 \cdot 10^{-4}$	0,9498	1,0301	$-1,2024 \cdot 10^{-4}$	0,9994	0,0097	21,09	0,0099
	50	$5,2958 \cdot 10^{-4}$	0,9618	1,2280	$-1,1877 \cdot 10^{-4}$	0,9995	0,0094	27,61	0,0098
	60	$6,9891 \cdot 10^{-4}$	0,9687	1,3703	$-3,0761 \cdot 10^{-4}$	0,9989	0,0148	39,95	0,0161
	70	$5,6859 \cdot 10^{-4}$	0,9636	1,6011	$-6,9622 \cdot 10^{-5}$	0,9984	0,0186	57,91	0,4166
	80	$1,1792 \cdot 10^{-3}$	0,9731	1,5978	$-3,5582 \cdot 10^{-4}$	0,9980	0,4084	718,68	0,0277
Page	40	$2,7849 \cdot 10^{-4}$	-	1,2263	-	0,9911	0,0007	68,98	0,0376
	50	$3,6406 \cdot 10^{-4}$	-	1,3293	-	0,9957	0,0277	81,09	0,0282
	60	$4,7335 \cdot 10^{-4}$	-	1,4927	-	0,9953	0,0308	73,54	0,0321
	70	$7,9555 \cdot 10^{-4}$	-	1,5462	-	0,9975	0,0234	49,42	0,3051
	80	$1,1044 \cdot 10^{-3}$	-	1,6443	-	0,9962	0,0303	550,41	0,0335
Midilli Modificado	40	$0,002510^{-3}$	-	0,8260	$-1,7061 \cdot 10^{-4}$	0,9991	0,0121	28,02	0,0122
	50	$0,001210^{-3}$	-	1,0907	$-1,5938 \cdot 10^{-4}$	0,9992	0,0120	37,56	0,0123
	60	$0,001410^{-3}$	-	1,2390	$-3,9738 \cdot 10^{-4}$	0,9986	0,0165	36,87	0,0184
	70	$0,001010^{-3}$	-	1,4768	$-1,0153 \cdot 10^{-4}$	0,9980	0,0210	63,86	0,3082
	80	$0,001910^{-3}$	-	1,4934	$-4,3526 \cdot 10^{-4}$	0,9977	0,0236	818,64	0,0609

⁽¹⁾ Determinação em quadruplicada para cada temperatura;

5.5 Análises físico-químicas do pó, obtido em diferentes temperaturas e da polpa *in natura*

Os resultados referentes às análises físico-químicas do pó, obtidos de diferentes temperaturas (40, 50, 60,70 e 80 °C) e da polpa *in natura* estão apresentados na Tabela 7. Nota-se que todas as análises da polpa em pó de abóbora, obtido nas temperaturas em estudo, variou significativamente ($P < 0,05$) ao valor médio da polpa *in natura* pelo teste Dunnet, exceto no pH nas temperatura de 50 e 60 °C e h para a temperatura de 80 °C.

Como se era esperado devido a redução do teor de água na polpa em pó da abóbora, houve uma concentração dos componentes da polpa, e assim o aumento dos teores de açúcar total, redutor e não redutor, do teor de amido, carotenoide, e da acidez total titulável. E havendo assim a redução do teor de água, da atividade de água e da massa específica.

A cor é um atributo importante na análise da qualidade de um alimento, visto que, a apreciação visual é o primeiro dos sentidos a ser usado, tendo como consequência, esse parâmetro é decisivo na aceitação do produto (LIMA et al., 2007). Em relação às características cromáticas, os valores médios das coordenadas L^* , a^* e b^* , índice de escurecimento (IE), croma (C) e ângulo Hue (h) do pó diferiram significativamente do valor médio da polpa *in natura* pelo teste Dunnet ao nível de probabilidade de 5%, com exceção do ângulo Hue na temperatura de 80 °C.

A polpa em pó, obtida nas temperaturas em estudo, apresentou valores médios inferiores ao observado para a polpa *in natura* para as coordenadas a^* , que representa a variação entre o verde (valores negativos) ao vermelho (valores positivos) e b^* , que representa a variação de azul (valores negativos) ao amarelo (valores positivos). Concordantes com essa observação encontram-se o estudo realizado por Wang et al. (2011) quando estudaram as propriedades físico-químicas de fatias de abóbora desidratadas, verificaram que as coordenadas a^* e b^* da abóbora desidratadas foram

inferiores em relação ao controle. Falade et al. (2003), estudando a secagem de feijão caupi (*Vigna unguiculata*) em leito de espuma, observaram que não houve diferença significativa entre o produto fresco e o pó, obtido na temperatura de 60 °C, para as coordenadas a* e b*.

Já para coordenada L*, que numa escala de 0 a 100 varia desde o preto (0) ao branco (100), observou-se que, o pó apresentou valores médios superiores em relação à polpa *in natura*. Com relação ao comportamento da luminosidade (L*), Silva et al. (2008) observaram comportamento semelhante quando estudaram a desidratação da polpa de tamarindo pelo método camada em espuma. Segundo esses mesmos autores, tal comportamento é devido à adição de aditivo para formação de espuma no processo, já que a formulação tende a ficar mais clara, favorecendo assim o aumento da coordenada L*.

A tonalidade (h) é um atributo que descreve a cor em vermelho, amarelo, verde, azul, etc. (CAPARINO et al., 2012). Segundo Ramallo e Mascheroni (2012) os valores da tonalidade variam de 0 (pura cor vermelha), 90 (cor amarela pura), 180 (cor verde pura) a 270 (cor azul puro). Em todas as medições o valor de h foram próximos a 80, o que indica uma tendência a coloração amarelo-alaranjada.

O valor do croma (C) é igual à zero no centro do eixo de cores e aumenta conforme se distancia do centro. Quanto maior o valor de (C), maior é a intensidade da cor do produto (MARTINAZZO et al., 2008). Croma teve uma redução após a secagem quando comparado a polpa de abóbora *in natura*. A polpa em pó, obtido nas temperaturas em estudo, apresentou valores médios inferiores ao observado para a polpa *in natura* para o índice de escurecimento (IE).

Tabela 7. Valores médios das características físico-química da espuma expostas a diferentes temperaturas.

Tratamento	pH	Acidez total titulável	Atividade de água (aW)	Açúcar total	Açúcar redutor	Açúcar não redutor	Amido	Carotenoide
Polpa <i>in natura</i>	6,83	1,84	0,99	3,91	1,84	2,06	5,20	76,53
40 °C	6,65	1,50	0,72	9,89	5,27	4,63	29,13	171,86
50 °C	6,72	2,86	0,46	14,82	10,04	4,78	28,99	173,13
60 °C	6,75	3,60	0,37	13,91	9,15	4,75	30,91	177,63
70 °C	6,57	3,52	0,40	12,45	7,09	5,35	27,49	216,56
80 °C	6,44	4,32	0,31	10,85	5,60	5,26	30,12	236,21
Tratamento	Teor de água	Massa específica	L	a*	b*	C	h	IE
Polpa <i>in natura</i>	86,40	1058,61	56,69	16,63	69,70	71,65	76,58	355,89
40 °C	14,52	293,90	67,27	13,00	59,44	60,85	77,67	175,79
50 °C	11,37	445,98	75,02	7,17	47,63	48,17	81,43	100,35
60 °C	10,62	491,96	71,53	11,05	55,71	56,79	78,78	140,80
70 °C	11,36	480,65	67,22	14,82	57,12	59,02	75,45	166,70
80 °C	9,63	515,81	67,09	12,53	51,24	52,75	76,26	139,07

5.6. Caracterização do pó da polpa de abóbora

Os resultados referentes às análises físico-químicas do pó, obtidos de diferentes temperaturas (40, 50, 60,70 e 80 °C) estão apresentados na Tabela 8.

Observou-se que com o aumento da temperatura houve uma tendência de elevação da massa específica do pó da abóbora (Figura 7). Com o aumento da temperatura de secagem, observou-se visualmente que a granulometria reduziu, resultando em um aumento na massa específica. O modelo ajustado para representar essa variação, encontra-se na Tabela 9.

As curvas de regressão que descrevem o comportamento de atividade de água e teor de água do pó de abóbora em função da temperatura são apresentadas na Figura 8. Verificou-se uma tendência de redução da atividade de água e teor de água do pó da abóbora com o incremento da temperatura. Tonon et al. (2009), estudando a influência da temperatura do ar de secagem nas propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó observou resultado semelhante para o teor de água, o qual obteve valores de 2,56; 1,45 e 0,66% (b.u.) para as temperaturas 138, 170 e 202 °C. O baixo teor de água e atividade de água da polpa de abóbora em pó contribui para conservação, uma vez que, valores de atividade de água entre 0,31 e 0,46, apresenta atividade enzimática baixa e não ocorre o crescimento de fungos filamentosos, leveduras e bactérias (JAY, 2006; CRUZ, 2013). Os modelos ajustados para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 9.

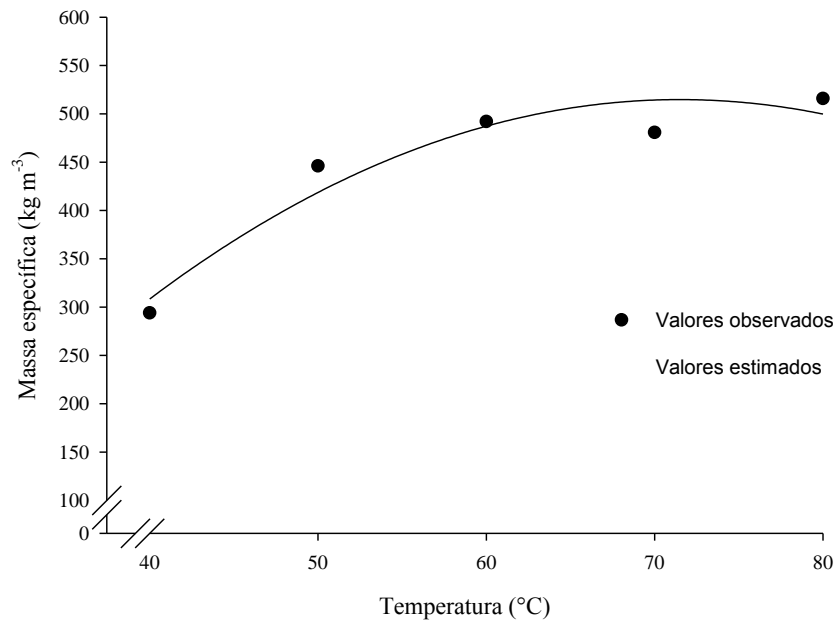


Figura 7. Massa específica (Kg/m³) do pó da abóbora, obtidos em função da temperatura.

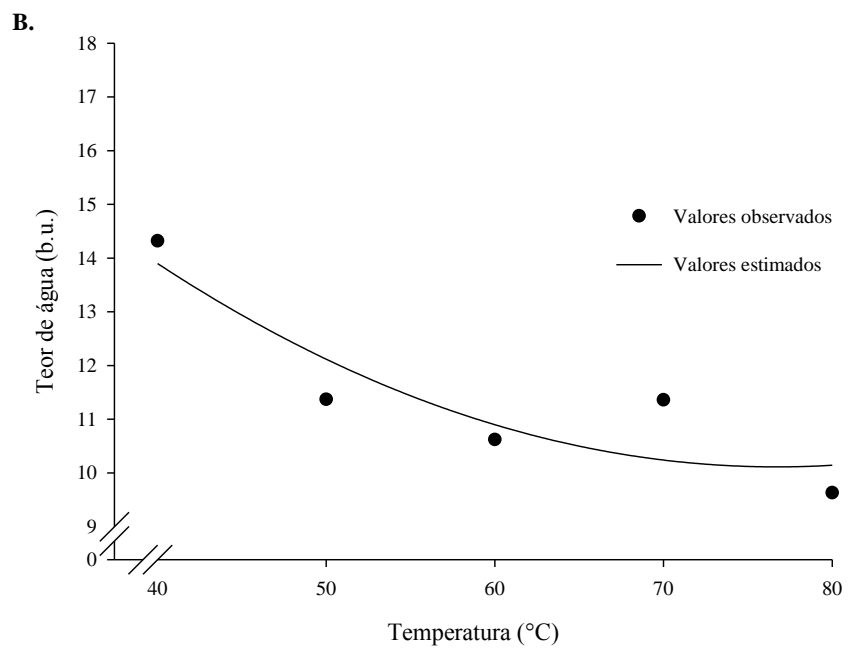
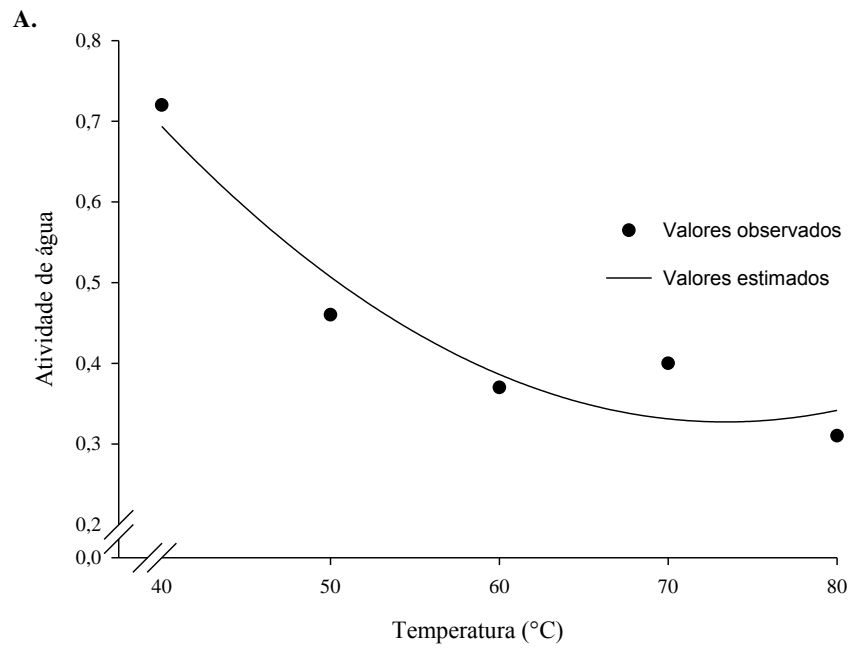


Figura 8. Atividade de água (A) e teor de água % b.u. (B) do pó da abóbora, obtidos em função da temperatura.

Tabela 8. Valores médios das variáveis para o pó, obtido em diferentes temperaturas de secagem.

Variáveis	TEMPERATURA				
	40 °C	50 °C	60 °C	70 °C	80 °C
Massa específica aparente	293,90	445,97	491,96	480,65	515,81
Atividade de água	0,72	0,46	0,37	0,40	0,31
Teor de água	14,52	11,37	10,62	11,36	9,63
Amido	29,13	28,99	30,91	27,49	30,12
pH	6,65	6,72	6,75	6,57	6,44
Acidez total titulável	1,5	2,87	3,6	3,52	4,32
Açúcar total (%)	9,89	14,82	13,91	12,45	10,85
Açúcar redutor (%)	5,27	10,04	9,15	7,09	5,59
Açúcar não redutor (%)	4,63	4,78	4,75	5,35	5,26
L	67,27	75,02	71,53	67,22	67,09
a*	12,99	7,17	11,05	14,82	12,53
b*	59,44	47,63	55,71	57,12	51,24
C	60,85	48,17	56,79	59,02	52,75
H	77,67	81,43	78,78	75,45	76,26
Carotenoide (%)	171,86	173,13	177,63	216,56	236,21

Tabela 9. Sumário das equações de regressões ajustadas das variáveis, em função da temperatura e os coeficientes de determinação (R^2).

Variável	Equações ajustadas	R^2/r^2
Atividade de água	$\hat{Y} = 2,09 - 0,048T + 0,0003T^2$	0,91
Teor de água	$\hat{Y} = 26,63 - 0,43 T + 0,002 T^2$	0,81
Massa específica	$\hat{Y} = -548,46 + 29,73 T - 0,20 T^2$	0,92
pH	$\hat{Y} = 5,51 + 4,58 \cdot 10^{-2} T - 4,3 \cdot 10^{-4} T^2$	0,95
Acidez total titulável	$\hat{Y} = -0,62 + 0,06 T$	0,88
Açúcar total	$\hat{Y} = -20,34 + 1,16 T + 9,7 \cdot 10^{-3} T^2$	0,78
Açúcar redutor	$\hat{Y} = -24,5 + 1,15 T - 9,8 \cdot 10^{-3} T^2$	0,78
L*	$\hat{Y} = -217,12 + 14,78 T - 0,24 T^2 + 1,28 \cdot 10^{-3} T^3$	0,99
a*	$\hat{Y} = 7,68 + 6,72 \cdot 10^{-2} T$	0,14
b*	$\hat{Y} = 58,37 - 6,9 \cdot 10^{-2} T$	0,05
H	$\hat{Y} = 83,19 - 8,79 \cdot 10^{-2} T$	0,35
Carotenoide	$\hat{Y} = 264,72 - 4,38 T + 0,05 T^2$	0,95

O valor de pH foi menor nas temperaturas de 70 e 80 °C comparadas as demais temperaturas. Resultados semelhantes foram observados por Souza (2007), em que desidratou frutículos de jaca nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, eles observaram que o pH para a temperatura de 70 °C foi menor comparado com o pH para a temperatura de 40 °C. A curva de regressão que descreve o comportamento do pH do pó de abóbora em função da temperatura está apresentada na Figura 9. O modelo ajustado para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 9.

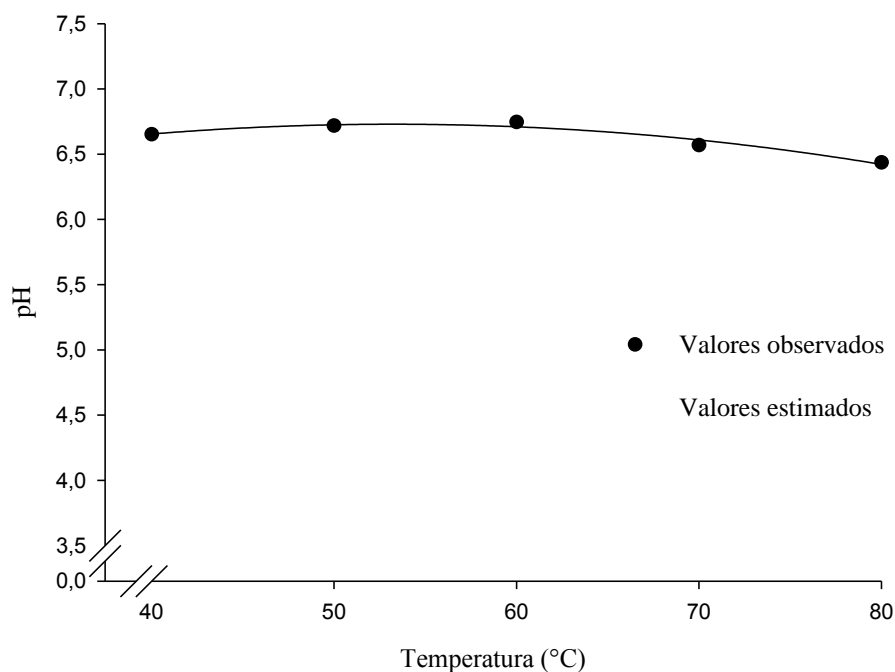


Figura 9. pH do pó da abóbora obtidos em função da temperatura.

Pode ser observado através da curva de regressão (Figura 10) que a um acréscimo no comportamento do teor de acidez total titulável (ATT) do pó de abóbora em função da temperatura. Corroboram com esses resultados o estudo obtido por Souza (2007), que observou que na secagem de folículos de jaca, com o aumento da temperatura houve um aumento da ATT. O modelo ajustado para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 9.

Verificou-se que os valores médios de teor de açúcar total e redutor apresentaram uma tendência de redução com o incremento da temperatura, exceto para a temperatura de 40 °C. Os modelos ajustados para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 9.

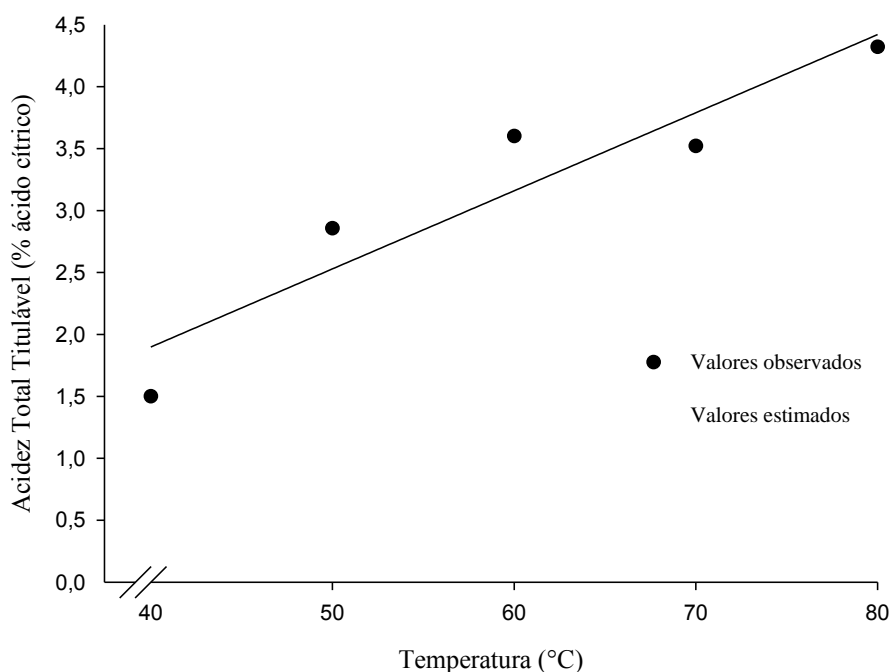


Figura 10. Acidez total titulável do pó da abóbora obtidos em função da temperatura.

A luminosidade (L^*) foi influenciada pela temperatura de secagem. O aumento da temperatura resultou em pós de abóbora com menor luminosidade (Figura 11), o que pode estar relacionado à maior retirada de água (menor umidade), que resultou em produtos um pouco mais concentrados e, conseqüentemente, mais escuros. Esse fato corrobora com os observados por Tonon et al. (2009) e por Queket al. (2007) que observaram uma diminuição da luminosidade com o aumento da temperatura, na secagem de suco de açaí e no suco de melancia, respectivamente. O modelo ajustado para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 9.

Observou-se assim como Tonon et al. (2009) que o valor das coordenadas a^* e b^* não apresentaram uma tendência clara de variação com a temperatura. As médias obtidas nas temperaturas de secagem não apresentaram uma tendência clara de variação com a temperatura (Figura 11). Os modelos ajustados para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 9.

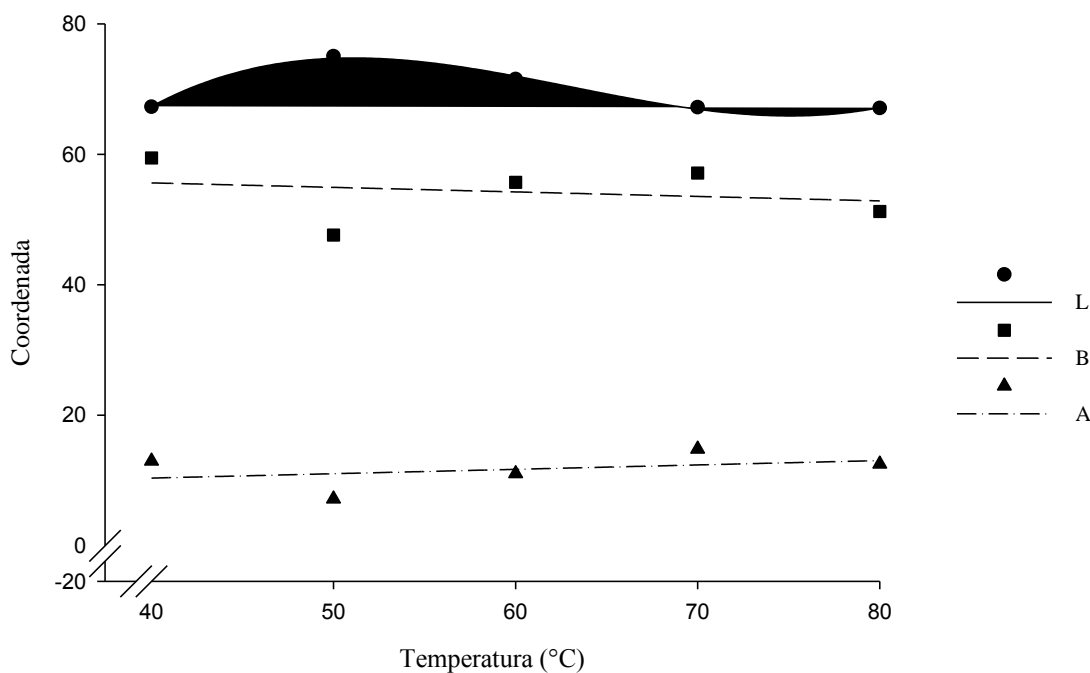


Figura 11. Coordenadas L*, a* e b* do pó da abóbora obtidos em função da temperatura.

Em relação à tonalidade da cor (h^*) pode ser observado através da curva de regressão (Figura 12) que houve uma redução do ângulo hue em todas as temperaturas de secagem, indicando uma tendência de coloração amarela alaranjada. Comportamento semelhante foi observado por Silva et al. (2008), quando estudaram a desidratação da polpa de tamarindo pelo método de leito de espuma. O modelo ajustado para representarem estas variações, encontram-se na Tabela 9. Já para coordenada cilíndrica C^* (croma) seus valores médios não apresentaram uma tendência clara de variação com a temperatura.

Nota-se que aumento no teor de carotenoide com o incremento da temperatura (Figura 13). Comportamento diferente foi observado por Kalluf (2006), ao estudar a desidratação da polpa de abóbora nas temperaturas de 50, 55 e 60 °C. O modelo ajustado para representar essa variação, encontra-se na Tabela 9.

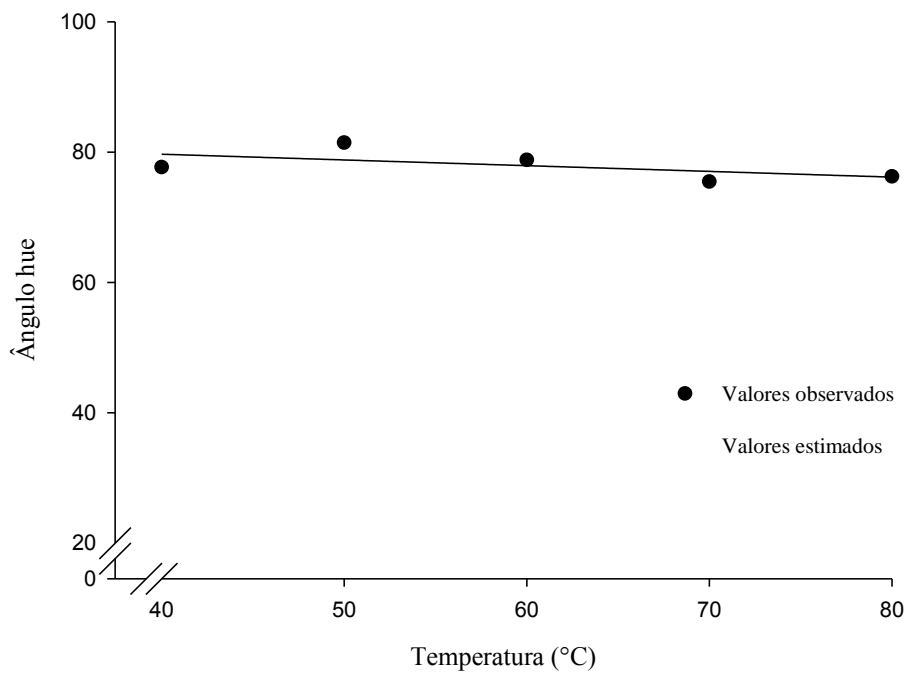


Figura 12. Ângulo Hue (h) do pó da abóbora, obtidos de diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80 °C).

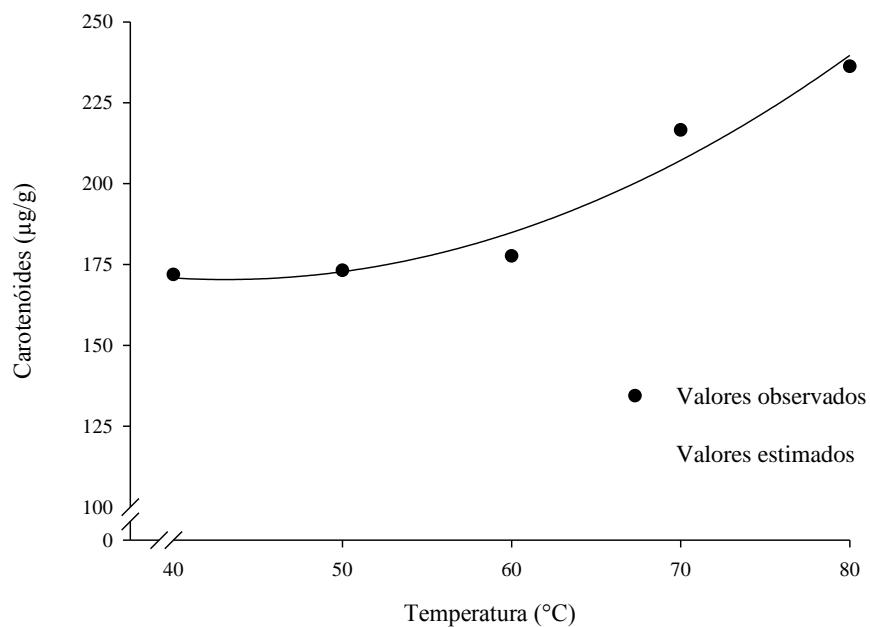


Figura 13. Teor de carotenóide (µg/g) do pó da abóbora, obtidos de diferentes temperaturas (40, 50, 60, 70 e 80 °C).

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que a secagem em leito de espuma de polpa de abóbora pode torna uma alternativa promissora na pós-colheita dessa importante hortaliça, uma vez que possibilita a retenção de componentes nutricionais de interesse neste produto e assim aumentar o consumo desse produto na forma de pó. É importante salientar que, estudos futuros devem ser feito a cerca do custo da secagem de polpa de abóbora em leito de espuma em comparação a outros métodos convencionais de secagem. É válido destacar também que a aplicação prática dessa tecnologia requer uma série de outros estudos, entre os quais destacam-se: criação de um protótipo de grande escala para a secagem de abóbora em leito de espuma; criação de uma normativa específica para abóbora, com intuito de estabelecer limites mínimos e máximos de componentes nutricionais e análise de aceitabilidade da abóbora em pó no mercado.

6. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitem concluir com base nos resultados de estabilidade, expansão e massa específica das espumas, que a formulação Emustab® (8%) foi considerada como a mais apropriada para secagem de polpa de abóbora pelo método leito de espuma. Os modelos de Midilli seguida pela equação de Midilli Modificado e a de Logarítmico se ajustaram satisfatoriamente aos dados experimentais da secagem da espuma de polpa da abóbora. Além disso, de forma geral, independentemente da temperatura de secagem de polpa de abóbora em leito de espuma, observou-se que as características físico-químicas da abóbora mantiveram ou concentrarão em relação a polpa *in natura*. No entanto, quando comparado entre as temperaturas, as mais indicadas para a obtenção da polpa de abóbora em pó são as de 60, 70 e 80 °C, pois além do pó formado ter uma menor atividade de água, importante

no armazenamento, o tempo de secagem nessas temperaturas são mais viáveis. Desta forma, o uso da secagem em leito de espuma torna-se atraente e promissora na secagem de polpa de abóbora.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABCSEM - **Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas**. Disponível em: http://www.abcsem.com.br/docs/direitos_reservados.pdf. Acesso em: 07 Jan. 2014. 2009.
- AFONSO JÚNIOR, P. C.; CORRÊA, P. C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB v.3, n.3, p.349-353, 1999.
- AKPINAR, E. K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, v. 59, p. 99-104, 2003.
- ALVES, J. A.; VILAS BOAS, E. V. de B.; VILAS BOAS, B. M.; SOUZA, E. C. de. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 30(3): 625-634, 2010.
- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, A. C.; FARO, Z. P. D. Aceitabilidade de flocos desidratados de abóbora. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 1, p. 39-45, 2006.
- ANVISA – **Agencia Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério de Saúde**, 2006.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. Washington: AOAC International, 2002.

- ARÉVALO-PINEDO, A.; MURR, F. E. X. Kinetics of vacuum drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*): Modeling with shrinkage. **Journal of Food Engineering**, 76, 562–567, 2006.
- ATEF, A. M. A. Z.; MOSTAFA, N. A. S.; RAMADAN, T. Studies on sheets properties made from juice and puree of pumpkin and some other fruit blends. **Journal of applied sciences research**, 8(5): 2632-2639, 2012.
- BAG, S. K.; SRIVASTAY, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of Process Parameters for Foaming of Bael (*Aegle marmelos* L.) Fruit Pulp. **Food Bioprocess Techno**, 4:1450–1458, 2011.
- BALASUBRAMANIAN, S.; PARIDHI, G.; BOSCO, J. D.; KADAM, D. M. Optimization of process conditions for the development of tomato foam by box-behken design. **Food and Nutrition Sciences**, 3, 925-930. 2012.
- BASTOS, D. da S.; SOARES, D. M. B. G.; ARAÚJO, K. G. de L.; VERRUMBERNARD, M. R. Desidratação da Polpa de Manga “Tommy Atkins” Utilizando a Técnica de *foam mat drying* - Avaliações Químicas, Físico-químicas e Sensoriais. **Braz. J. Food Technol.**, v.8, n.4, p. 283-290, out./dez. 2005.
- BEKE, J.; MUJUMDAR, A.S.; GIROUX, M. Some fundamental attributes of corn and potato drying in microwave fields. **Drying Technology**, n.15, v.2, p. 539-554, 1997.
- BERRY, R. E.; JR WAGNER, C. J.; BISSETT, G. W.; VELDHOIS, M. K. Preparation of instant orange juice by foam-mat drying. **Journal of food science**. Vol. 37. 1972.
- BIKERMAN, J. J. Foams. New York, USA: **Springer-Verlag**. 1973.
- BISOGNIN, D. A. Origin and evolution of cultivated cucurbits. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.5, p.715-723, 2002.

- BORGES, S. V.; MANCINI, M. C.; CORRÊA, J. L. G.; NASCIMENTO, D. A. Secagem de fatias de abóboras (*Cucurbita moschata*, L.) por convecção natural e forçada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 28(Supl.): 245-251, 2008.
- BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Efeito da desidratação *foam mat* na retenção da vitamina C da polpa de cajá-manga. *Alim. Nutr. = Braz. J. Food Nutr.*, Araraquara, v.24, n.2, p. 189-193, abr./jun. 2013.
- BREDA, C. A.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; CORREIA, C. de A.C. Shelf life of powdered *Campomanesia adamantium* pulp in controlled environments. **Food Chemistry**, 135, 2960–2964. 2012.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. Westport: The AVI Publishing Company, 450p, 1992.
- BROOKS, B. W.; RICHMOND, H. N.; ZERFA, M. Phase inversion and drop formation in agitated liquid – liquid dispersions in the presence of nonionic surfactants. In: BINKS, B. P. *Modern Aspects of Emulsion Science*. Cambridge: **The Royal Society of Chemistry** (Ed.), 1998. p. 175-203.
- BRYGIDYR, A. M.; RZEPECKA, M. A.; MCCONNELL, M. B. Characterization and Drying of Tomato Paste Foam by Hot Air and Microwave Energy. **J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.** Vol. 10. No.4. October 1977.
- CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J.K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder. **Journal of Food Engineering**. v.111, p.135–148, 2012.
- CARLESSO, V. de O; BERBERT, P. A.; SILVA, R. F. da; DETMANN, E. Avaliação de modelos de secagem em camada fina de sementes de maracujá amarelo. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 29, nº 2, p.28-37, 2007.

- CHAGAS, M. H. de C.; FLORES, H.; CAMPOS, F. de A. C. e S.; SANTANA, R. A. de; LINS, E. C. B. Vitamin A teratogenicity. **Revista brasileira de saúde materna e infantil**, Recife, 3 (3): 247-252, 2003.
- CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO, A. P.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.2, p.501-510, 2007.
- COSTA, C. J.; CARMONA, R.; NASCIMENTO, W. M. Idade e tempo de armazenamento de frutos e qualidade fisiológica de sementes de abóbora híbrida. *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 28, nº 1, p.127-132, 2006.
- 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. **Ciência Agronômica**, v.34, n.1, p.5-9, 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**, Campina Grande, PB, v.15, n.10, p.1089–1096, 2011.
- CRUZ, W. F. da. **Obtenção de polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.) em pó pelo método de secagem em camada de espuma**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós Graduação da Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa – MG. 2013.
- DAIUTO, É. R.; LOPES VIEITES, R.; PIGOLI, D. R.; CARVALHO, L. R. de. Alterações nutricionais em casca e polpa de abóbora decorrentes de diferentes

- métodos de cozimento. **Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha**, vol. 13, núm. 2, pp. 196-203. 2012.
- DANTAS JÚNIOR, E. E. Determinação e elaboração de modelos de predição da massa específica da manga espada. **Revista Educação Agrícola Superior-Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior- ABEAS** - v.22, n.1,p.39-42, 2007.
- DANTAS, S. C. de M. **Desidratação de polpas de frutas pelo método *foam-mat***. Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Departamento de Engenharia Química. Natal, 2010.
- DOYMAZ, I. Drying characteristics and kinetics of okra. **Journal of Food Engineering**, 69, 275–279. 2005.
- DOYMAZ, I. The kinetics of forced convective air-drying of pumpkin slices. **Journal of Food Engineering**, 79, 243–248, 2007.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric Method for determination of sugars and related compounds. **Analytical Chemistry**, v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, 63, 349–359. 2004.
- FALADE, K. O.; ADEYANJU, K. I.; UZO-PETERS, P. I. Foam-mat drying of cowpea (*Vigna unguiculata*) using glyceryl monostearate and egg albumin as foaming agentes. **European Food Research and Technology**, 217:486–491, 2003.
- FALADE, K. O.; OKOCHA, J. O. Foam-mat drying of plantain and cooking banana (*Musa spp.*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 5, n. 4, p. 1173-1180, 2010.
- FAO, 2011. **Orange production**. Acessado em:<<http://apps.fao.org>>.

- FERNANDES, R. V. de B.; QUEIROZ, F.; BOTREL, D. A.; ROCHA, V. V.; L. C. F. de; SOUZA, V. R. de. Secagem de polpa de tomate pelo método de camada de espuma. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 29, n. 4, p. 816-825, July/Aug. 2013.
- FERREIRA, L. F. D.; PIROZI, M. R.; RAMOS, A. M.; PEREIRA, J. A. M. Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.47, n.6, p.855-862, jun. 2012.
- FERREIRA, M. A. J. F. Abóboras e Morangas das Américas para o Mundo. In: BARBIERI, R. L. e STUMPF, E. R. T. (Eds.). Origem e evolução de plantas cultivadas ed. Brasília: **Embrapa Informação Tecnológica**. p. 59-88, 2008.
- FIGUEIREDO, R. **Princípios de secagem de produtos biológicos**. João Pessoa: UFPB, 2004. 229 p.
- FURTADO, G. de F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. dos. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.12, n.1, p.9-14, 2010.
- GARCIA, C.C.; KIMURA, M.; MAURO, M.A. Efeito da temperatura de secagem na retenção de carotenoides de abóbora (*Cucúrbita moschata*). In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 6, 2005, Campinas. Anais...Campinas: Unicamp, 2005.
- GEANKOPLIS, C. J. **Transport Process and Unit Operations**, 3 rd edition, Prentice-Hall, p. 921, 1993.
- GOGUS, F.; MASKAN, M. Water adsorption and drying characteristics of okra (*Hibiscus esculentus* L.). **Drying Technology**,17, 883–894. 1999.
- GRIN - **Germplasm Resources Information Network**. (2013) Disponível em: <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/gnlist.pl?1452>. Acesso em: 17/12/2013.

- GUINÉA, R. P. F.; PINHO, S.; BARROCA, M. J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Food and bioproducts processing**, 89, 422–428, 2011.
- GURJÃO, K. C. V. **Desenvolvimento, armazenamento e secagem de Tamarindo**. Areia: UFPA 2006. 165 p. (Tese de Doutorado em Agronomia).
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em: jan. 2014. 2006.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos Químicos - Físicos para Análise de Alimentos**, 1ª edição digital. São Paulo. 812p. 2008.
- IAL – NORMAS ANALITICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo. O Instituto. V.l. 1985.
- JACOBO-VALENZUELA, N. A. C.; MARÓSTICA-JUNIOR, M. R. B.; ZAZUETA-MORALES, J. de J. A.; GALLEGOS-INFANTE, J. A. Physicochemical, technological properties, and health-benefits of *Cucurbita moschata* Duchense vs. Cehualca. **Food Research International**, 44, 2587–2593, 2011.
- JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. Artmed, ed. 6, Porto Alegre, 2006.
- KADAM, D. M.; BALASUBRAMANIAN. S. Foam mat drying of tomato juice. **Journal of Food Processing and Preservation**. 2010.
- KADAM, D. M.; WILSON, R. A.; KAUR, S. Determination of biochemical properties of foam-mat dried mango powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45 , n.8, p.1625-1632, 2010.
- KADAM, D. M.; WILSON, R. A.; KAUR, V.; CHADHA, S.; KAUSHIK, P.; KAUR, S.; PATIL, R. T.; RAI, D. R. Physicochemical and microbial quality evaluation of

- foam-mat-dried pineapple powder. **International Journal of Food Science and Technology**, 47, 1654–1659, 2012.
- KALLUF, V. H. **Desidratação da polpa de abóbora (*Cucurbita moschata*) e seus teores em beta-caroteno**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Paraná. 2006.
- KARIM, A. A.; WAI, C. C. Foam-mat drying of starfruit (*Averrhoa carambola* L.) puree. Stability and air drying characteristics. **Food Chemistry**, 64, 337±343, 1999.
- KAYMAK-ERTEKIN, F. Drying and rehydrating kinetics of green and red peppers. **Journal of Food Science**, 67, 168–175. 2002.
- KEEY, R. B. Drying of loose and particulate materials. **New York: Hemisphere Publishing Corporation**, 1992, 537 p.
- KOUA, B. K.; KOFFI, P. M. E.; FASSINO, F. W.; ANDOH, H. Y.; GBAHA, P.; TOURÉ, S. Evaluation of some thin layer drying models and effective moisture diffusivity of yam (*Dioscorea rotundata*) slices. **Pakistan Journal of Food Sciences**, v. 23, Issue 1, p. 1-9, 2013.
- KUMAR, C.; KARIM, M. A.; JOARDDER, M. U. H. Intermittent drying of food products: A critical review. **Journal of Food Engineering**, 121, 48–57, 2014.
- LIMA, E. E.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Cinética de secagem de polpa de facheiro. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.1, p.17-28, 2007.
- LIMA, Í. J. E.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Propriedades termofísicas da polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Especial, n.1, p.31-42, 2003.

- LISBÔA, C. G. C. de. FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.216–221, 2012.
- MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, 29, 75–97. 1996.
- MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; MELO, E. C.; CARNEIRO, A. P. S. avaliação colorimétrica de folhas secas de *Cymbopogon citratus* (D.C.) Stapf durante o armazenamento em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.131-140, 2008.
- MATA, M. E. R. C.; BRAGA, M. E. D, M. E. M.; ZANINI, H. L. H. T. Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lutea* L.) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**, v.25, n.2, p.488-498, 2005.
- McCREADY, R.M., GUGGOLZ, J., SILVIERA, V. & OWENS, H.S. Determination of starch and amylose in vegetables. **Application to peas. Analytical Chemistry**, v.22, p.1156 - 1158, 1950.
- MEISAMI-ASL, E.; RAFIEE, S.; KEYHANI, A.; TABATABAEEFAR, A. Mathematical modeling of moisture content of apple slices (Var. Golab) during drying. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.8, n.6, p.804-809, 2009.
- MELO, K. dos S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; FERNANDES, T. K. da S. BEZERRA, M. da C. T. secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 26, n. 2, p. 10-17, abr.-jun., 2013.

- MEYER, J. A.; VILLA, L. G.; ROA, G.; ROSSI, S. J. Energia para a secagem dos produtos agropecuários. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.3, n.4, p.4-14. dez.1978.
- MORGAN, A. I. Jr; GINETTE, L. F.; RANDALL, J. M.; GRAHAM, R. P.; Technique for improving instant foods. **Food Engineering**, v.31, n.9, p.89-94. 1959.
- MURKOVIC, M.; MULLEDER, U.; NEUNTEUFLW, H. Carotenoid content in different varieties of pumpkins. **Journal of food composition and analysis**, 15, 633–638, 2002.
- NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Bethesda, v.153, p.375-380, 1944.
- OLURIN, T. O.; ADELEKAN, A. O.; OLOSUNDE, W. A. Mathematical modelling of drying characteristics of blanched field pumpkin (*Cucurbita pepo* L) slices. **Agri Eng Int: CIGR Journal**, 2012.
- PALOU, E.; LÓPEZ-MALO, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; WELTI-CHANES J.; SWANSON, B. G. Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, p. 42-45, 1999.
- PEKOSŁAWSKA, A.; LENART, A. Osmotic dehydration of pumpkin in starch syrup. **Journal fruit ornam plant res.** vol. 17(2): 107-113, 2009.
- PINEDO, A. A. Secagem a vácuo de cenoura (*Daucus carota*) e abóbora (*Cucurbita máxima*): estudo das características do processo. Campinas, SP: [s.n.], 2003.
- PROVESI, J. G.; DIAS, C. O.; AMANTE, E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. **Food Chemistry**, 128, 195–202, 2011.
- PUIATTI, M; SILVA, D. J. H. Abóboras e Morangas. In: **Olericultura: Teoria e Prática**. Viçosa, MG: Paulo Cezar Rezende Fontes – editor, p. 279-297, 2005.

- QUEIROZ, D.M.; PEREIRA, J.A.M., MELO, E.C. Modelos matemáticos de simulação de secagem de grãos. Viçosa: **Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem**, 1995. 59p.
- 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, mai. 2007.
- RAJKUMAR, P.; KAILAPPAN, R.; VISWANATHAN, R.; RAGHAVAN, G. S. V. Drying characteristics of foamed alphonso mango pulp in a continuous type foam mat dryer. **Journal of Food Engineering**, 79, 1452–1459, 2007.
- RAMALHO, R. A.; FLORES, H.; SAUNDERS, C. Hipovitaminose A no Brasil: um problema de saúde pública. **Revista Panamericana de Salud Publica**. Washington, v. 12,n.2, p. 117-123, 2002.
- RAMALLO, L. A.; MASCHERONI, R. H. Quality evaluation of pineapple fruit during drying process. **Food and Bioproducts Processing**, v.90, p.275–283, 2012.
- RAMOS, I.N.; MIRANDA, J.M.R.; BRANDÃO, T.R.S.; SILVA; C.L.M. Estimation of water diffusivity parameters on grape dynamic drying. **Journal of Food Engineering**, 97, 519–525. 2010.
- RESENDE, G. M.; BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, 31: 504-508, 2013.
- RODRIGUES-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoid analysis in foods**. Washington: ILSI Human Nutrition Institute, 1989. 64p.
- RODRIGUEZ-AMAYA, D. B.; KIMURA, M.; GODOY, H. T.; AMAYA-FARFAN, JAIME. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting

- carotenoid composition. **Journal of Food Composition and Analysis**, 21, 445–463, 2008.
- RUSSO, V. C.; DAIUTO, E. R.; SANTOS, B. L.; LOZANO, M. G.; VIEITES, R. L.; VIEIRA, M. R. da S. **Qualidade de abóbora minimamente processada e armazenada em atmosfera modificada ativa**. Semina: Ciência Agrárias, Londrina, v. 33, n. 3, p. 1071-1084, maio/jun. 2012.
- SAEG - Sistema para Análises Estatísticas, Versão 9.1: **Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa**, 2007.
- SAGAR V. R.; KUMAR, S. P. Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. **J Food Sci Technol**, 47(1):15–26, 2010.
- SAHA, D.; BHATTACHARYA, S. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. **J Food Sci Technol**, 47(6):587–597, 2010.
- SALTZMAN, A.; BIROL, E.; BOUIS, H. E.; BOY, E.; MOURA, F. F. de; ISLAM, Y.; PFEIFFER, W. H. Biofortification: Progress toward a more nourishing future. **Global Food Security** 2, 9–17, 2013.
- SANKAT, C. K.; CASTAIGNE, F. Formação de espuma e na secagem de bananas maduras. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, v. 37, n. 1, p. 217-525, 2004.
- SCHULLER, R.; ROMANOWSKY, P. Understanding emulsions. **Cosmetic & Toiletries**, New York, v. 113, n. 09, p. 39-44, 1998.
- SHI, X.; WU, H.; SHI, J.; XUE, S. J.; WANG, D.; WANG, W. CHENG, A.; GONG, Z.; CHEN, X.; WANG, C. Effect of modifier on the composition and antioxidant activity of carotenoid extracts from pumpkin (*Cucurbita maxima*) by supercritical CO₂. **LWT - Food Science and Technology**, 51, 433 – 440, 2013.

- SILVA, A. S.; GURJÃO, K. C. O.; ALMEIDA, F. A. C.; BRUNO, R. L. A.; PEREIRA, W. E. Desidratação da Polpa de Tamarindo pelo Método de Camada de Espuma. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, P. 1899-1905, 2008.
- SILVA, A. S.; MELO, K. dos S. M.; ALVES, N. M. C.; FERNANDES, T. K. da S.; FARIAS, P. de A. F. Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.11, n.2, p.129-136, 2009.
- SILVA, J. S.; DONZELLES, S. M. L.; NOGUEIRA, R. M. Secagem e secadores. In: SILVA, J.S. (ed.). Secagem e armazenagem de produtos agrícolas. Viçosa: **Aprenda Fácil**. Cap. 5, p. 109-145. 2008b.
- SILVA, P. P. M. da. **Conservação de polpa de juçara (*Euterpe edulis*) submetida à radiação gama, pasteurização, liofilização e atomização**. Dissertação de doutorado da Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2013.
- SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F. de; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA-JUNIOR, A.; FILHO, M. de S. de S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “foam-mat”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 21(2): 164-170, maio-ago. 2001.
- SOUZA, V. C. **Efeito da liofilização e desidratação em leito de espuma sobre a qualidade do pó de polpa de cupuaçu (*theobroma grandiflorum*)**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, Itapetinga, 2011.
- SOUZA, T. S. A. de. **Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus Integrifolia L.*)**: aplicação de modelos matemáticos / Tatiana Sant’Anna de Souza. – Dissertação de mestrado. Itapetinga, BA: UESB, 2007.

- SPSS Inc. **Sigma Plot user's guide version 7.0** (Revised Edition). SPSS Inc., Chicago, USA. 2001.
- STEVENSON, D. G.; ELLER, F. J.; WANG, L.; JANE, J.L.; WANG, T.; INGLETT, G. E. Oil and tocopherol content and composition of pumpkin seed Oil in 12 Cultivars. **J. Agric. Food Chem**, 55, 4005-4013, 2007.
- SULAKSONO, A. C.; KUMALANINGSIH, S.; WIGNYANTO; SANTOSO, I. Production and Processing of Yoghurt Powder Using Foam-Mat Drying. **Food and Public Health**, 3(5): 235-239, 2013.
- SYARIEF, A. M.; MOREY, R.V.; GUSTAFSON, R. J. Thin-layer drying rate of sunflower seed. **Transaction of the ASAE, St. Joseph**, v.27, n.1, p.195-200, 1984.
- TAVARES, C. A. M. Abóbora Tetsukabuto. **Seed News** 13: 24. 1999.
- THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Drying characteristics and quality of banana foam mat. **Journal of Food Engineering**, 86, 573–583, 2008.
- THUWAPANICHAYANAN, R.; PRACHAYAWARAKORN, S.; SOPONRONNARIT, S. Effects of foaming agents and foam density on drying characteristics and textural property of banana foams. **LWT - Food Science and Technology**, 47, 348 – 357, 2012.
- TONON, R.V; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n.2, 444-450, 2009.
- TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 40 p. 2001.

- VAN ARSDEL; COPLEY. Food dehydration. Westport, Connecticut: **The Avi Publishing Company**, 1964. v. 2, 721 p.
- WAGNER, C. J.; BISSETT, O. W.; BERRY, R. E. Bulk density and reconstitution rates of foam-mat dried citrus powders. **Florida State Horticultural Society**, 1964.
- WANG, S. M.; YU, D. J.; SONG, K. B. Physicochemical property of pumpkin slices dehydrated with red algae extract. **J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.** 54(6), 921-925. 2011.
- Whitaker, T.W., Cutler, H.C. Cucurbits and cultures in the Americas. **Economic Botany**, 19:344-349. 1965.
- WHITAKER, T.W., ROBINSON, R.W. Squash breeding. In: Basset, **M. J. Breeding vegetable crops**. Westport: Avi. Rome, Italy, p.209-246, 1986.
- WHO/FAO. World Health Organization. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Evaluation of certain food additives and contaminants. Codex general standard for food additives. Codex STAN 192-1995. **Geneva: World Health Organization**, 1995.
- WILSON, R. A.; KADAM, D. M.; CHADHA, S.; SHARMA, M. Foam mat drying characteristics of mango pulp. **International Journal of Food Science and Nutrition Engineering**, 2(4): 63-69, 2012.

APÉNDICE

Tabela 1. Resumo da análise de variância de massa específica aparente e estabilidade da polpa e das espumas formadas com diferentes aditivos em diferentes concentrações.

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		Massa específica aparente	Estabilidade
Tratamento	16	505109,5**	5719,516**
Resíduo	68	711,04	20,8268
CV (%)		3,71	9,11

CV = coeficiente de variação; * *F significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 2. Resumo da análise de variância de Estabilidade, massa específica aparente (MEA) e Expansão das espumas formadas com diferentes aditivos (AD) em diferentes concentrações (CO).

FV	GL	QUADRADOS MÉDIOS		
		Estabilidade	MEA	Expansão
Concentração	3	6684,94**	281723,7**	5413,69**
Aditivo	3	14678,79**	1927840,0**	590692,0**
CO x AD	9	1577,11**	283303,3**	10498,11**
RESIDUO	64	22,13	407,16	87,80
CV (%)		8,87	3,17	8,16

CV = coeficiente de variação ; ** F significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 3. Resumo da análise de variância das variáveis: massa específica aparente (MEA), pH, acidez total titulável (ATT), atividade da água (aW) e teor de água (TEAG) da polpa e do pó obtido com a secagem em diferentes temperaturas da espuma formada.

FV	GL	Quadrados Médios				
		MEA (kg/m ³)	pH	ATT	aW	TEAG (%b.u)
Tratamento	6	34,44 10 ⁴ **	0,10**	5,97**	0,35**	46,88 10 ² **
Resíduo	28	388,10	8,60 10 ⁻³	0,01	3,73 10 ⁻⁵	0,08
CV(%)		0,12	0,05	0,14	0,04	0,04

CV = coeficiente de variação; ** F significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis: massa específica aparente, L, a*, b* H e IE da polpa e do pó obtido com a secagem em diferentes temperaturas da espuma formada.

FV	GL	Quadrados Médios				
		L	a*	b*	H	IE
Tratamento	5	189,97**	53,15**	289,60**	23,50**	40,67 10 ³ **
Resíduo	23	0,21	0,18	2,37	0,05	444,56
CV(%)		0,02	0,11	0,09	0,01	0,39

CV = coeficiente de variação; ** F significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 5. Resumo da análise de variância de açúcar total (AT), açúcar redutor (AR), açúcar não reduto (ANR), amido (AM) e carotenoide (CT) da polpa e do pó obtido com a secagem em diferentes temperaturas da espuma formada.

FV	GL	Quadrados Médios				
		AT	AR	ANR	AM	CT
Tratamento	6	76,68**	43,93**	7,39**	491,65**	15,19 10 ³ **
Resíduo	28	2,65	3,17	2,82	22,77	436,95
CV(%)		0,49	0,91	1,25	0,63	0,40

CV = coeficiente de variação; ** F significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 6. Resumo da análise de variância de açúcar total (AT), açúcar redutor (AR), açúcar não reduto (ANR), amido (AM) e carotenoide (CT) do pó obtido com a secagem em diferentes temperaturas da espuma formada.

FV	GL	Quadrados Médios				
		AT	AR	ANR	AM	CT
Trat	4	20,99**	22,40**	0,54 ^{ns}	8,35 ^{ns}	4347,58**
Res	20	2,9809	3,5163	2,9702	29,9566	472,8266
CV(%)		13,94	25,24	34,78	17,37	11,15

CV = coeficiente de variação; ** F significativo a 1 % de probabilidade; ns. F não significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 7. Resumo da análise de variância das variáveis: massa específica aparente, L, a*, b* H e IE do pó obtido com a secagem em diferentes temperaturas da espuma formada.

FV	GL	Quadrados Médios				
		L	a*	b*	H	IE
Trat	4	63,10**	41,30**	112,74**	27,50**	4304,30**
Res	20	0,16	0,13	0,68	0,06	20,21
CV(%)		0,57	3,12	1,52	0,30	3,10

CV = coeficiente de variação; ** F significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 8. Resumo da análise de variância das variáveis: massa específica aparente, C, ΔE, massa específica (ME), teor de água (TEAG) e pH do pó obtido com a secagem em diferentes temperaturas da espuma formada.

FV	GL	Quadrados Médios				
		C	ΔE	ME	TEAG	Ph
Trat	4	129,90**	703,11**	39149,63**	16,79**	7,9 10 ⁻² **
Res	20	0,76	0,21	77,23	8,19 10 ⁻²	3,7 10 ⁻³
CV(%)		1,57	0,55	1,97	2,49	0,92

CV = coeficiente de variação; ** F significativo a 1 % de probabilidade

Tabela 9. Resumo da análise de variância das variáveis: atividade de água (aW) e acidez total titulável (ATT) do pó obtido com a secagem em diferentes temperaturas da espuma formada.

FV	GL	Quadrados Médios	
		aW	ATT
Trat	4	0,12**	5,65**
Res	20	4,25 10 ⁻⁵	1,73 10 ⁻²
CV(%)		1,44	4,17

CV = coeficiente de variação; ** F significativo a 1 % de probabilidade