



ESTUDO DA ESTABILIDADE DA ESPUMA DA POLPA DE ACEROLA PARA SECAGEM PELO MÉTODO FOAM-MAT DRYING

Bruno Emanuel Souza Coelho¹, Gesiel Silva Torres¹, Acácio Figueiredo Neto², Carmem Lucia Coelho³

¹Graduando em Engenharia
Agrônoma, Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf),
Campus Ciências Agrárias

²Universidade Federal do Vale do São Francisco (Univasf), colegiado de
Engenharia Agrícola e Ambiental

³Graduanda em Tecnologia em Alimentos
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão
Pernambucano (IF Sertão), Campus Petrolina

RESUMO: Estudou-se a estabilidade das espumas da polpa da acerola com aditivos combinados em diferentes concentrações à temperatura ambiente. Objetivou-se estudar a estabilidade das espumas da polpa de acerola formadas em temperatura ambiente, com objetivo de verificar qual é a melhor formulação para realizar o processo de secagem em camada fina de espuma. A espuma foi elaborada seguindo as seguintes etapas: a polpa era previamente descongelada e pesada; adicionavam-se os aditivos Super Liga Neutra® e Emustab® nas concentrações entre 1 e 5% (m/m), e a mistura de polpa e aditivos era submetida à agitação constante por 20 minutos em batedeira doméstica, (Arno®, Brasil) modelo Ciranda na velocidade máxima do equipamento; ao final da agitação a espuma foi submetida ao teste de estabilidade e determinação da densidade. O uso dos aditivos: Super Liga Neutra® e Emustab®, para a confecção de espumas formuladas com polpa de acerola, se mostraram satisfatórios para que as mesmas pudessem apresentar uma boa estabilidade em temperatura ambiente. As formulações F3, F4 e F5, não apresentaram valores considerados críticos, quanto a densidade. E as formulações F4 e F5 apresentaram valores de densidade abaixo de 0,5 g.cm⁻³, considerando-se mecânica e termicamente estáveis quando nem a drenagem nem o colapso das estruturas são observados.

Palavras-chave: *Malpighia emarginata* DC; desidratação; produção de polpa em pó.

STUDY OF STEEL PULP FOAM STABILITY FOR DRYING BY THE FOAM-MAT DRYING METHOD

ABSTRACT: The stability of the acerola pulp foams with combined additives at different concentrations at room temperature was studied. The objective of this study was to study the stability of the foams of the acerola pulp formed at room temperature, in order to verify the best formulation to perform the foam thin-film drying process. The foam was prepared following the following steps: the pulp was previously thawed and weighed; the additives were Super Alloy Neutra® and Emustab® in concentrations between 1 and 5% (m/m), the mixture of pulp and additives was subjected to constant stirring for 20 minutes in a domestic beater (Arno®, Brazil) model Ciranda at the maximum speed of the equipment; at the end of the shaking the foam was subjected to the stability test and density determination. The use of the additives: Super Liga Neutra® and Emustab®, for the preparation of foams formulated with acerola pulp, were satisfactory so that they could have a good stability at room temperature. The formulations F3, F4 and F5 did not present values considered critical as to the density. And the formulations F4 and F5 presented values of density below 0.5 g.cm⁻³, considering mechanical and thermally stable when neither the drainage nor the collapse of the structures are observed.

Key words: *Malpighia emarginata* DC; foam layer; dehydration; production of powdered pulp.

INTRODUÇÃO

As frutas possuem grande importância nutricional para a alimentação humana, no qual são recomendadas pela disponibilidade de carboidratos, minerais, fibras, carotenoides, vitaminas C, substâncias fenólicas e de ação antioxidante, responsáveis pela prevenção de diversas doenças quando consumidas regularmente (VIEIRA, 2010).

A acerola (*Malpighia emarginata* D.C) é uma fruta tropical originária dos países da América. O consumo do fruto é fomentado pela riqueza em

nutrientes, principalmente pelo alto teor de ácido ascórbico (vitamina C) e outros nutrientes, tais como niacina, riboflavina e tiamina (ASSIS et al., 2001; MEZADRI et al., 2008).

O período de vida útil da acerola é curto após a colheita, devido às reações bioquímicas de deterioração responsáveis pela perda de qualidade do fruto. Desta maneira, o processamento colabora com o aumento da vida útil, além de facilitar o transporte e agregar valor ao produto (ALVES et al., 2010).

A secagem é um processo tradicional na conservação de alimentos, responsável por diminuir a disponibilidade de água para reações de deterioração, aumentar a estabilidade do alimento e reduzir o volume e a massa do produto (CASARIN et al., 2016).

O método de secagem em camada de espuma (*foam-mat drying*) consiste em transformar o suco ou da polpa em espuma estável através de aditivos, desidratação do material em camada fina até massa constante e desintegração da massa seca em escamas e, posteriormente, em pó (FURTADO et al., 2010).

A secagem em espuma é um processo simples e barato que usa facilitadores e guardas da estabilidade da espuma durante todo o processo. Este método foi desenvolvido afim de uma rápida secagem de alimentos líquidos, porém vem sendo muito utilizado para alimentos pastosos como purês e polpas de frutas (BAG et al., 2011).

Algumas das vantagens deste processo, são baixas temperaturas empregadas para o processamento, curto período de desidratação, devido à maior área de contato com o ar, rápida remoção de água e obtenção de um produto poroso facilmente re-hidratável (GUIMARÃES et al., 2017).

Diante disso, objetivou-se estudar a estabilidade das espumas da polpa de acerola formadas em temperatura ambiente, com objetivo de verificar qual é a melhor formulação para realizar o processo de secagem em camada fina de espuma.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPA) do Colegiado de Engenharia Agrícola do campus de Juazeiro-BA da Universidade Federal do Vale do São Francisco, em parcerias com o Laboratório de Agroindústria da Univasf, e do setor experimental de Fruticultura da Univasf, ambos do campus Ciências Agrárias.

Aquisição da matéria-prima

Os frutos de acerola utilizados foram da variedade Junko, adquiridos no setor experimental

de Fruticultura do campus Ciências Agrárias da Univasf. A colheita foi realizada de forma manual, no fim de tarde, e acondicionados em contentores plásticos com capacidade máxima de 30 kg, previamente higienizados e sanificados. Posteriormente, foram transportados em veículo oficial da universidade tipo caminhonete (carroceria aberta e lonado na parte superior), até o laboratório de Agroindústria da Universidade Federal do Vale do São Francisco, campus Ciências Agrárias para o beneficiamento e processamento,

Os frutos foram recepcionados no Laboratório de Agroindústria, e selecionados manualmente observando-se critérios de uniformidade do grau de maturação (maduro), boa integridade física, ausência de fissuras ou manchas e com boa qualidade e fitossanitária. Em seguida foi feita uma pré-lavagem para a retirada de sujidades grosseiras e sanificação em água clorada (40 ppm de cloro ativo/15min), por fim foram enxaguados em água corrente para retirar o excesso de cloro.

Obtenção da polpa

Os frutos foram despulpados em liquidificador industrial, acondicionados em potes plásticos de polietileno com capacidade para 3 kg, e armazenados sob congelamento (-18 °C) em freezer até o momento das análises físico-químicas e secagem.

Preparo das espumas

Na preparação das espumas a seguinte metodologia foi adotada: a polpa era previamente descongelada e pesada; adicionavam-se os aditivos os aditivos Super Liga Neutra® e Emustab® nas concentrações entre 1 e 5% (m/m) conforme as formulações descritas na Tabela 1; a mistura de polpa e aditivos era submetida à agitação constante por 20 minutos em batedeira doméstica, (Arno®, Brasil) modelo Ciranda na velocidade máxima do equipamento; ao final da agitação a espuma foi submetida ao teste de estabilidade e determinação da densidade.

Tabela 1. Formulações testadas para obtenção da espuma.

Formulação	Emulsificante (% m/m)	Liga Neutra (% m/m)
F1	1,00	1,00
F2	2,00	2,00
F3	3,00	3,00
F4	4,00	4,00
F5	5,00	5,00

Artigo científico

Determinação da densidade e do percentual de expansão das espumas

Para avaliar a expansão das espumas, foram determinadas as densidades tanto das espumas com das polpas de frutas. As densidades da polpa e das espumas, foram determinadas pela relação entre a massa e o volume ocupado, utilizado uma balança semi-analítica com precisão de 0,01g e proveta graduada de 100 mL. Para o cálculo da densidade das polpas e das espumas foram utilizadas as Equação 1, e através da densidade da polpa e das espumas foi determinada a expansão das espumas através da Equação 2.

$$D_{amostra} = \frac{M_{amostra}}{V_{amostra}}$$

Eq. (1)

Onde: $D_{amostra}$ = Densidade da amostra ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), $M_{amostra}$ = massa da amostra, $V_{amostra}$ = volume da proveta (cm^3).

$$Exp = \frac{1/D_{espuma} - 1/D_{polpa}}{1/D_{polpa}} * 100$$

Eq. (2)

Tabela 2. Coeficiente de determinação (R^2) obtidos através dos ajustes aos modelos de regressão linear e quadrático.

Parâmetro	Modelo	R^2
Densidade da espuma	Linear	0,9383
	Quadrático	0,9912
Expansão da espuma	Linear	0,9186
	Quadrático	0,9403

O valor médio encontrado para a densidade da polpa foi da ordem de $1,04 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (Figura 1), valor próximo ao determinado por Carvalho e Guerra (1995), de $1,024 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para o suco de acerola, e também, próximo ao encontrado por Soares et al. (2001), que foi de $1,15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ para a polpa.

As amostras F3, F4 e F5, foram as melhores formulações conforme o valor de densidade, de $0,5417$, $0,4164$ e $0,4329 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ respectivamente (Figura 1). Estes valores encontrados, estão consideravelmente na faixa prevista pela literatura, que sugere um valor entre $0,1$ a $0,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ segundo Van Arsdel (1964). Diferente das formulações F1 e F2, que apresentou valores de $0,8501$ e $0,6839 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, respectivamente.

A medida que o agente espumante é adicionado, uma maior quantidade de ar é incorporada, e a densidade final da espuma

Exp = Expansão da espuma (%) D_{polpa} = densidade da polpa ($\text{g}\cdot\text{cm}^3$), D_{espuma} = densidade da espuma ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$).

Análise dos dados

Os dados experimentais da avaliação da estabilidade da espuma (densidade e expansão) foram submetidos à análise de regressão linear e quadrática, de modo que o modelo escolhido foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

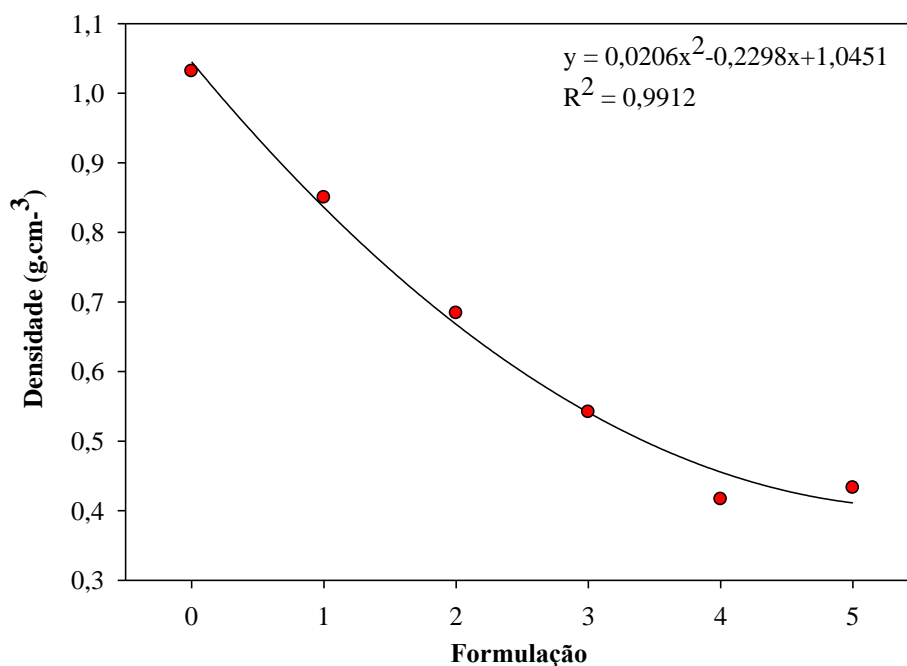
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta o coeficiente de determinação (R^2) da expansão e densidade da espuma. Segundo Silva (2014), o comportamento da estabilidade da espuma pode ser observado a partir dos valores dos coeficientes de determinação obtidos para os modelos lineares e quadrática. Verifica-se que o modelo quadrático apresenta um coeficiente de determinação (R^2) bem melhor que o previsto pelo modelo linear, por este aproximar-se de 1,0.

diminui, conforme constatado na Figura 2. Entretanto, um limite crítico para adição do aditivo deve ser respeitado uma vez que acima desse valor a espuma fica instável, esta instabilidade também ocorre quando são empregados tempos muito longos de agitação para formação da espuma. Sendo que a densidade considerada ideal para secagem em leito de espuma está entre $0,3$ - $0,6 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (FALADE et al., 2003; RATTI e KUDRA, 2006). Com isso a F3, F4 e F5, não apresentaram valores considerados críticos.

Ainda, de acordo com Bates (1964), espumas são consideradas mecânica e termicamente estáveis quando nem a drenagem nem o colapso das estruturas são observados, e isto ocorre em valores de densidades abaixo de $0,5 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, portanto, a F4 e a F5 são as mais recomendadas.

Figura 1. Densidade da polpa de acerola $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (F0) e das espumas elaboradas (F1, F2, F3, F4, e F5) ajustada em regressão quadrática.



Soares et al. (2001), realizou vários testes utilizando diferentes agentes químicos, que favorecem à formação da espuma da polpa de acerola, utilizando-se pectina cítrica, emustab, e super liga neutra, obtiveram valor médio $0,51 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, e bem próximo ao encontrado na F3 ($0,54 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Obteve-se ao final do batimento, uma espuma com $0,51 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ de densidade, valor este próximo ao constatado utilizando a F3 deste ensaio.

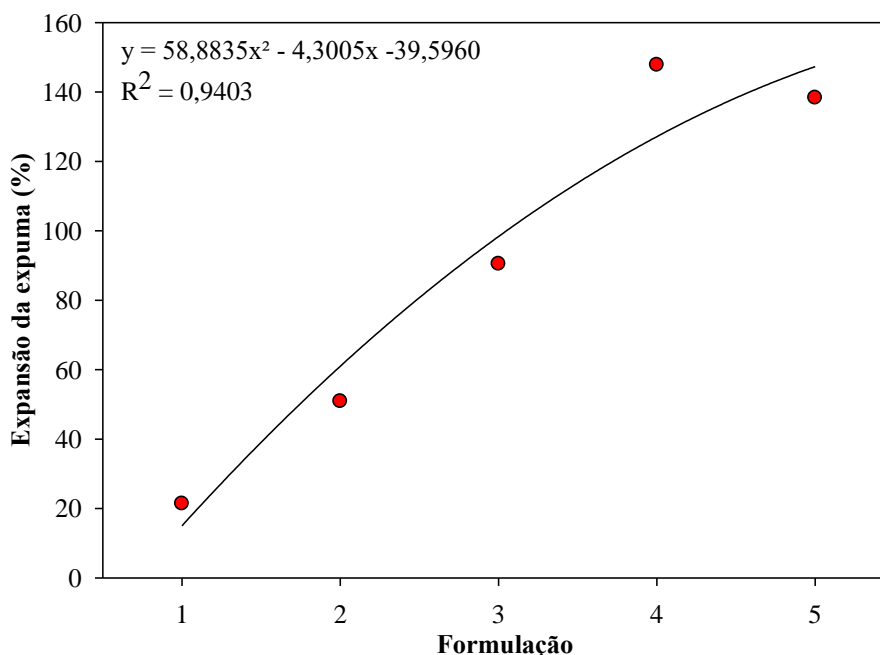
A expansão da espuma é diretamente correlacionada à massa específica da mesma, quanto maior for à expansão, menor será a densidade. Segundo Silva (2012), quanto mais aerada e porosa for à espuma, melhor será o estudo da densidade.

Segundo Dantas (2010), a expansão da espuma acima de 100% é o ideal para o processo

de secagem. Diante de tal afirmativa, as formulações F4 e F5 apresentaram melhor desempenho, visto que, foi observado valor de expansão acima de 100%. Em geral, a expansão da espuma foi menor quando se utilizou menores concentrações (Figura 2).

A curva de regressão descreve o comportamento da expansão da espuma (Figura 2), em função da formulação, e conseqüentemente, da concentração agente espumante testado. Observou-se elevação da expansão da espuma com aumento da concentração de Emustab® e Liga Neutra. 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 (CARVALHO, 2014).

Figura 2. Expansão (%) das espumas elaboradas ajustada em regressão quadrática.



Ainda, segundo Bag et al. (2011), 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), e possivelmente, devido às características da Super Liga Neutra®, o aumento da concentração (F5), resultou em um produto mais viscoso, gerando assim, um produto de menor expansão quando comparado a F4.

CONCLUSÃO

O uso dos aditivos: Super Liga Neutra® e Emustab®, para a confecção de espumas formuladas com polpa de acerola, se mostraram satisfatórios para que as mesmas pudessem apresentar uma boa estabilidade em temperatura ambiente.

As formulações F3, F4 e F5, não apresentaram valores considerados críticos, quanto a densidade.

As formulações F4 e F5 apresentaram valores de densidade abaixo de 0,5 g.cm⁻³, considerando-se mecânica e termicamente estáveis quando nem a drenagem nem o colapso das estruturas são observados.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI) ao primeiro autor,

e a Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da Bolsa de Iniciação Acadêmica (BIA) ao segundo autor.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. A.; VALÉRIO, E.; VILAS, D. B.; MONTEIRO, B.; BOAS, V.; SOUZA, É. C. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 30, n. 3, p. 625-634, 2010.

ASSIS, S. A.; LIMA, D. C.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. *Food Chemistry*, v. 74, n. 2, p. 133-137, 2001.

BAG, S. K.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. Optimization of process parameters for foaming of bael (*Aegle marmelos L.*) fruit pulp. *Food Bioprocess Technology*. v.4, p. 1450-1458, 2011.

BATES, R. P. Factors affecting foam production and stabilization of tropical fruit products. *Food Technology*, V. 18, n.1, p. 93-96, 1964.

CARVALHO, I. T.; GUERRA, N. B. Efeito de diferentes tratamentos térmicos sobre as características do suco de acerola. In: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, R.E. *Acerola no Brasil: produção e mercado*. Vitória da Conquista: UESB, 1995. p. 96-99.

- CARVALHO, M. S. Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leite de espuma. 2014. 73 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.
- CASARIN, F.; MENDES, C. E.; LOPES, T. J.; MOURA, N. F. Planejamento experimental do processo de secagem da amorapreta (*Rubus sp.*) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 19, p. e2016025, 2016.
- DANTAS, S. C. M. de. Desidratação de polpas de frutas pelo método *foam-mat*. 2010. 100 p. Dissertação (Mestrado em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias Regionais) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2010.
- 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 agents. *European Food Research and Technology*. v.217, p.486– 491, 2003.
- FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de polpa de ceriguela pelo método de camada de espuma. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, Campina Grande, v.12, n.1, p.9-14, 2010.
- GUIMARÃES, M. K. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de.; QUEIROZ, A. J. DE M. Foam-mat drying kinetics of keitt mango pulp. *Revista Caatinga*, v. 30, p. 172-180, 2017.
- MEZADRI, T.; VILLAÑO, D.; FERNÁNDEZ-PACHÓN, M. S.; GARCÍA-PARRILLA, M. C.; TRONCOSO, A. M. Compostos antioxidantes e atividade antioxidante em frutos e derivados de acerola (*Malpighia emarginata* DC.). *Revista de Composição e Análise de Alimentos*, v. 21, n. 4, p. 282-290, 2008.
- RATTI, C.; KUDRA, T. Drying of Foamed Biological Materials: Opportunities and Challenges. *Drying Technology*, v. 24, p. 1101–1108, 2006.
- SILVA, B. A. de. Estudo da estabilidade da espuma da polpa de goiaba (*Psidium guajava* L.): efeito do uso de estabilizantes. 2014. 43 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química). Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande – PB, 2014.
- SILVA, J. E. F. V. Estudo da estabilidade das espumas da polpa de goiaba (*Psidium Guajava* L.) [manuscrito] / José Everton Franklyn Vital da Silva. 2012. 55 p.
- SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F. de; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA Jr., A.; S. FILHO, M. de S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo *foam-mat*. *Campinas, Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 21, n.2, p. 164-170, 2001.
- VAN ARSDEL; C. Food dehydration. In: *The Avi Publishing Company*. Westport: Connecticut, 1964. v. 2, 721 p.
- VIEIRA, L. M.; SOUSA, M. S. B.; MANCINIFILHO, J.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 33, p. 888-897, 2010.