

AVALIAÇÃO REOLÓGICA DA POLPA DE ACEROLA IN NATURA E DOS PÓS RECONSTITUÍDOS OBTIDOS POR SECAGEM EM LEITO DE ESPUMA

LEANDRO FAGUNDES MANÇANO¹, GABRIEL HENRIQUE HORTA DE OLIVEIRA², ELIANE MAURICIO FURTADO MARTINS³, FERNANDA MACHADO BAPTESTINI⁴

¹ Eng^o de Alimentos, Técnico em Alimentos e Laticínios, Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Valença-RJ; Estudante de Pós-Graduação, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba-MG, leandro.mancano@cefet-rj.br.

² Eng^o Agrícola e Ambiental, Prof. Doutor, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Manhuaçu-MG, gabriel.oliveira@ifsudestemg.edu.br.

³ Economista Doméstica, Prof. Doutora, Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais, Rio Pomba-MG, eliane.martins@ifsudestemg.edu.br.

⁴ Eng^a Agrícola e Ambiental, Prof. Doutora, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES, fernanda.baptestini@ufes.br.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMO: A acerola é uma fruta rica em vitamina C e antioxidantes, mas tem vida útil curta. A desidratação por leito de espuma é um método promissor para prolongar a vida útil, mas pode alterar as propriedades reológicas do pó. O presente estudo avaliou a reologia da polpa de acerola *in natura* e do pó reconstituído obtido por secagem em leito de espuma com o aditivo Emustab. O experimento foi realizado com diferentes concentrações de pó reconstituído em água deionizada (2 a 10%, m/v). O modelo Herschel-Bulkley foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, mostrando que a polpa reconstituída e a *in natura* são fluidos não-newtonianos com pseudoplásticos e tensão de cisalhamento inicial. Os resultados são consistentes com estudos anteriores, mas não há estudos que tenham analisado a reologia de pós reconstituídos em diferentes concentrações usando o método de secagem em leito de espuma com Emustab.

PALAVRAS-CHAVE: desidratação, viscosidade, *Malpighia emarginata*.

RHEOLOGICAL EVALUATION OF ACEROLA IN NATURA PULP AND RECONSTITUTED POWDERS OBTAINED BY FOAM-MAT DRYING

ABSTRACT: Acerola is a fruit rich in vitamin C and antioxidants, but it has a short shelf life. Foam-mat drying is a promising method to extend the shelf life, but it can modify the rheological properties of the powder. The present study evaluated the rheology of acerola *in natura* pulp and reconstituted powder obtained by foam-mat drying with the Emustab additive. The experiment was conducted with different concentrations of reconstituted powder in deionized water (2 to 10%, m/v). The Herschel-Bulkley model adjusted better to the experimental data, that show that the reconstituted powders and pulp *in natura* exhibited non-Newtonian behavior with pseudoplastic flow and initial shear stress. The results are consistent with previous studies, but there are no studies that have analyzed the rheology of reconstituted powders at different concentrations using the foam-mat drying method with Emustab.

KEYWORDS: dehydration, viscosity, *Malpighia emarginata*.

INTRODUÇÃO: A acerola é uma fruta rica em nutrientes, principalmente vitamina C, e possui propriedades antioxidantes, porém, sua vida útil é curta devido a reações bioquímicas pós-colheita e atividade de água favorável ao crescimento de microrganismos (FERREIRA et al., 2021). A desidratação é um método que prolonga a vida útil ao remover a água, facilitando o transporte e reduzindo custos. Um outro método de secagem que vem se tornando promissor é o leito de espuma que converte alimentos líquidos em espumas estáveis com posterior secagem destas e isso resulta em produtos porosos e facilmente reidratáveis (ARAÚJO et al., 2020). No entanto, o uso de aditivos e o processo de secagem podem alterar as propriedades reológicas da polpa seca, por isso, é importante estudar o tipo de aditivo utilizado e sua influência nas características reológicas do pó reconstituído para obter uma espuma estável e uma boa solubilidade durante a reidratação. Com isso, o presente estudo avaliou o comportamento reológico da polpa de acerola *in natura* e do pó, obtido após secagem em leito de espuma com o aditivo Emustab, reconstituído em diferentes concentrações.

MATERIAL E MÉTODOS: O estudo foi realizado nos Laboratórios de Tecnologia de Produtos Vegetais e Bebidas do CEFET-RJ *Campus* Valença, sendo as frutas recebidas nestes laboratórios didáticos com o objetivo de serem higienizadas e sanitizadas. As frutas foram trituradas com água deionizada (13 partes de polpa para 4 partes de água) e filtradas. As polpas filtradas foram tratadas termicamente e congeladas até o uso. O experimento foi inteiramente casualizado, com três repetições em duplicata e a análise estatística foi realizada no programa STATISTICA 14.0. As espumas foram elaboradas com a agitação da mistura de polpa (500 g) com o aditivo Emustab a 4,0% (m/m) em batedeira por 15 minutos. A espuma foi secada em bandejas circulares de alumínio na temperatura de 60°C por 10 horas. A análise do comportamento reológico foi realizada no Laboratório Multiusuário de caracterização Macroscópica de Fluidos e Sistemas Multifásicos da Escola de Engenharia Industrial Metalúrgica de Volta Redonda da Universidade Federal Fluminense (UFF). A reconstituição dos pós teve como proporção de polpa seca em água deionizada de 2, 4, 6, 8 e 10% e a reologia das amostras foi avaliada utilizando um reômetro digital para analisar o comportamento da polpa *in natura* e dos pós reconstituídos da acerola. O ensaio foi submetido a uma taxa de cisalhamento controlada de 0 a 1000 s⁻¹ e o tempo de corrida para cada ensaio de 120 s (LIU et al., 2020). Os modelos da Lei da Potência, Herschel-Bulkley, Bingham, Casson e Mizrahi-Berk foram ajustados por regressão não linear a partir dos dados reológicos obtidos e os parâmetros reológicos. A escolha do melhor modelo se baseou no coeficiente de determinação (R²), desvio padrão da estimativa (SE) e erro médio relativo (P). O melhor modelo foi selecionado com base nesses parâmetros (maior valor de R², menores valores de SE e modelo que proporcionar um resultado de P menor que 10%). Além disso, foram obtidas curvas de escoamento bem como o índice de consistência e o índice de comportamento do fluido a partir do modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais.

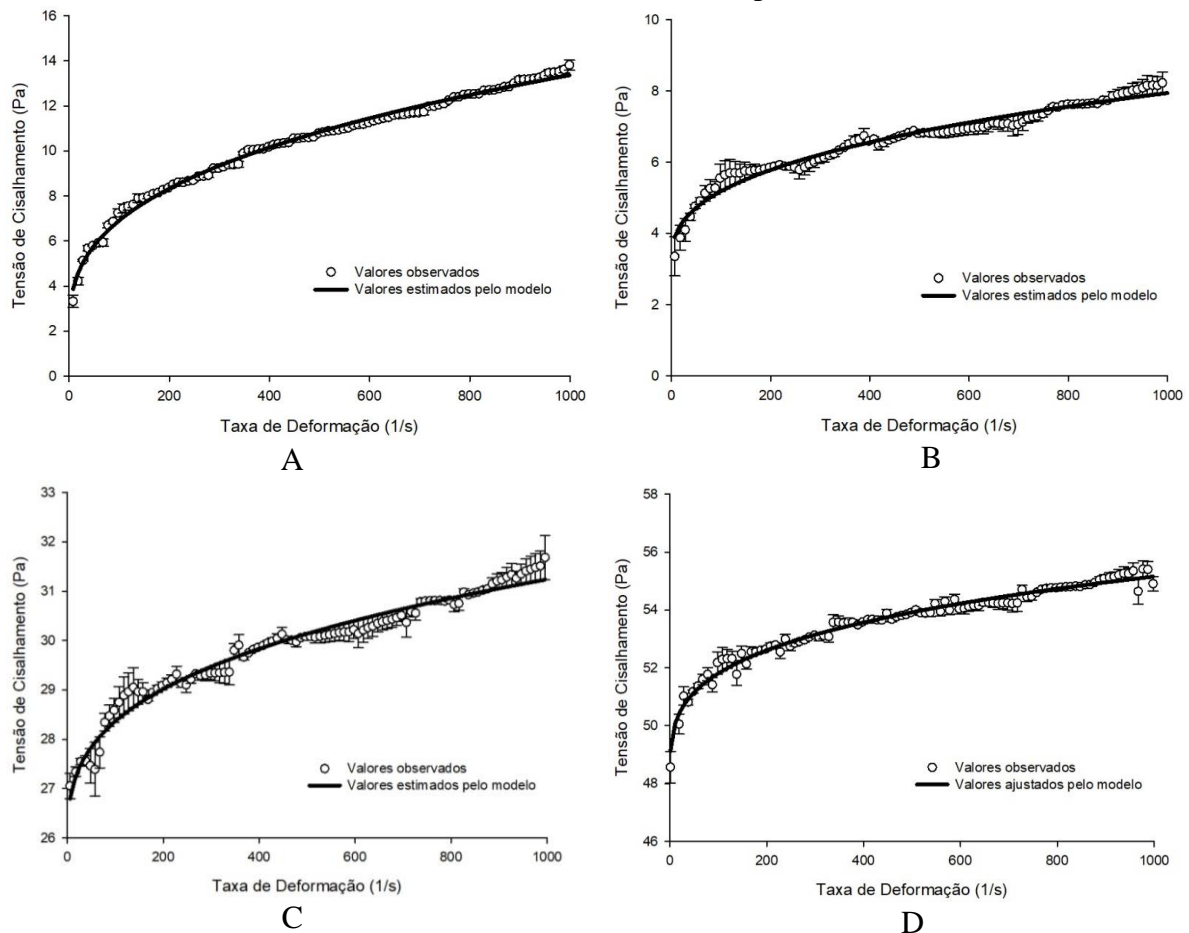
RESULTADOS E DISCUSSÃO: Conforme a TABELA 1, o único modelo que apresentou bons ajustes aos dados experimentais, com valores de R² superiores a 0,98, valores de P inferiores a 10% e menores resultados de SE (menor que 1,856) para todos os tratamentos, foi o Herschel-Bulkley, sendo este escolhido para representar o comportamento da tensão de cisalhamento em função do aumento da taxa de deformação.

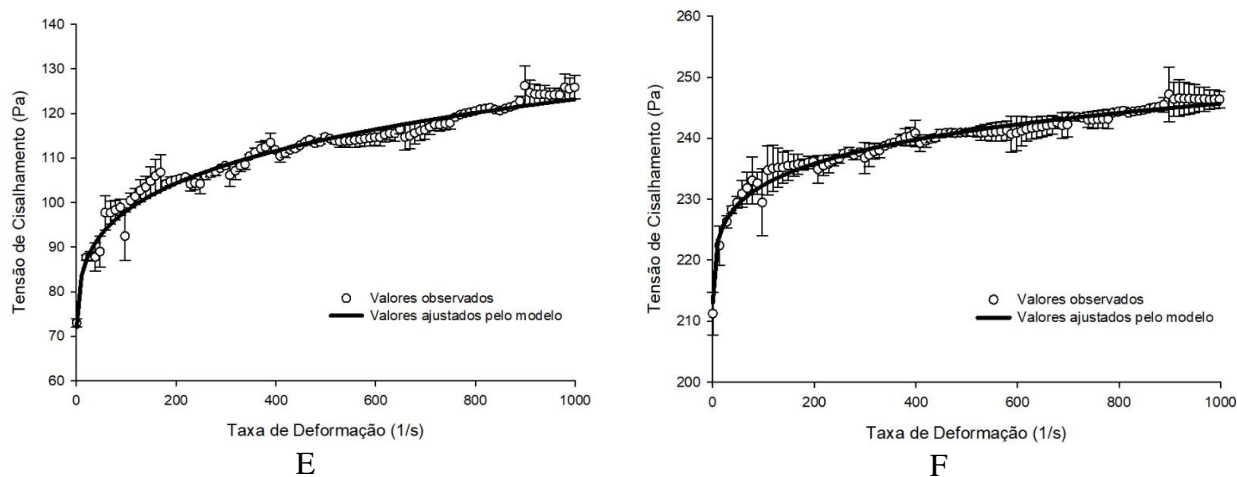
TABELA 1. Parâmetros reológicos ajustados dos modelos empíricos para a polpa *in natura* e dos pós reconstituídos na concentração de 2%, 4%, 6%, 8% E 10%.

Modelo	Amostra	Coeficientes			R ²	P (%)	SE (%b.s.)
		K (Pa.s)	τ_0 (Pa)	n			
Herschel-Bulkley	Polpa <i>in natura</i>	1,0010	1,7836	0,3545	0,9936	1,6829	0,1856
	2%	0,3623	3,1612	0,3736	0,9831	2,4015	0,1856
	4%	0,5859	25,7602	0,3236	0,9852	0,4991	0,1856
	6%	1,0936	47,9733	0,2724	0,9898	0,2782	0,1856
	8%	12,1703	62,6914	0,2322	0,9871	1,3558	1,8562
	10%	14,0884	202,7083	0,1614	0,9868	0,3110	0,9281

Fonte: elaborado pelos autores.

Para o modelo Herschel-Bulkley, verificou-se que o parâmetro “k” (índice de consistência) e “ τ_0 ” (tensão de cisalhamento inicial) se elevaram com o acréscimo da concentração da polpa em pó em água, enquanto “n” decresceu em função do aumento da concentração. Como “k” corresponde o grau de resistência do fluido durante o escoamento, uma elevação na concentração do pó reconstituído tende a se tornar mais consistente, elevando, assim, os valores de “k”. Enquanto a elevação na tensão de cisalhamento inicial, indica que o fluido se tornou mais resistente ao escoamento, necessitando de tensões maiores para o fluido iniciar o seu escoamento. Sendo assim, diante dos resultados inferiores a 1 ($n < 1$) de “n”, índice de comportamento, a polpa de acerola *in natura* e os pós secados em leito de espuma reconstituídos podem ser considerados como fluidos não-newtonianos apresentando um comportamento de um fluido pseudoplástico com tensão de cisalhamento inicial. Na FIGURA 1 estão apresentados os reogramas da polpa *in natura* e dos pós reconstituídos.





Polpa de acerola *in natura* (A) e pós reconstituídos nas concentrações de 2% (B), 4% (C), 6% (D), 8% (E) e 10% (F).

Fonte: elaborado pelos autores.

FIGURA 1. Reograma do modelo ajustado Herschel-Bulkley para polpa *in natura* e os pós reconstituídos em diferentes concentrações.

Ao comparar as curvas reológicas apresentadas por Fellows (2019) com o observado na FIGURA 1, é possível perceber uma relação da tensão de cisalhamento em função do aumento da taxa de deformação. A tensão se eleva com o acréscimo da taxa de deformação formando um gráfico côncavo para baixo inerente de um fluido pseudoplástico, ou seja, o comportamento encontrado no presente estudo corrobora com o exposto por Fellows (2019).

CONCLUSÕES: O modelo de Herschel-Bulkley foi o mais adequado para descrever a reológica da polpa de acerola *in natura* e do pó reconstituído. Com isso, ambos os fluidos foram classificados como pseudoplásticos, apresentando um reograma côncavo típico dessa classe de fluidos. Esses resultados estão de acordo com estudos anteriores, mas não foram encontrados estudos que analisassem a reologia de pós reconstituídos em diferentes concentrações obtidos por secagem em leito de espuma com o Emustab.

REFERÊNCIAS:

ARAÚJO, C. da S.; MACEDO, L. L.; VIMERCATI, W. C.; SARAIVA, S. H.; OLIVEIRA, A. do N.; TEIXEIRA, L. J. Q. Cinética de secagem de acerola em leito de espuma e ajuste de modelos matemáticos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, p.e2016152, 2017b

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 944p.

FERREIRA, I. C.; SILVA, V. P. da; VILVERT, J. C.; SOUZA, F. de F.; FREITAS, S. T. de; LIMA, M. dos S. Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* dc.) produced under tropical semi-arid conditions: bioactive phenolic. **Journal of Food Biochemistry**, v.45, n.8, p.e13829, 2021.

LIU, H. M.; YAN, Y. Y.; LIU, X. X.; MA, Y. X.; WANG, X. D. Effects of various oil extraction methods on the gelatinization and retrogradation properties of starches isolated from tigernut (*Cyperus esculentus*) tuber meals. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.156, p.144-152, 2020.