

## COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DE TRAPIÁ: EFEITO DA TEMPERATURA E DA CONCENTRAÇÃO DE MALTODEXTRINA

DENIS SOARES COSTA<sup>1</sup>, GABRIEL DE MELO SANTOS<sup>2</sup>, ROSSANA MARIA FEITOSA DE FIGUEIRÊDO<sup>3</sup>, ALEXANDRE JOSÉ DE MELO QUEIROZ<sup>3</sup> e JANAINA ALMEIDA DANTAS ESMERO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, deniscosta1313@gmail.com;

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, 7gabrielmelo7@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia de Alimentos, Prof. Titular UAEA, UFCG, Campina Grande-PB, rossanamff@gmail.com; alexandrejmq@gmail.com

<sup>4</sup>Dra. em Engenharia Agrícola, Profa. Associado UAS, UFCG, Cuité-PB, janadantas@gmail.com

**RESUMO:** Nativa do Brasil, o trapiá é uma fruta comestível, porém muito perecível. Para aumentar a vida útil do fruto, uma alternativa é a secagem da sua polpa que necessita da incorporação de adjuvantes de secagem para que se obtenha um produto final com qualidade. Ao adicionar adjuvantes, haverá alteração do comportamento reológico que por sua vez interfere na secagem e no escoamento do polpa na tubulação e equipamentos. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura e da concentração de maltodextrina no comportamento reológico da polpa de trapiá. Foram elaboradas três formulações com a polpa de trapiá: F1 – polpa + 10% maltodextrina; F2 – polpa + 20% maltodextrina; F3 - polpa + 30% maltodextrina. Observou-se que todos os modelos reológicos ajustados aos reogramas podem ser utilizados para estimar o comportamento reológico das formulações, com destaque para os modelos de Mizrahi e Berk e Herschel-Bulkley. As formulações elaboradas com a polpa de trapiá e maltodextrina foram classificadas como fluidos não newtonianos e pseudoplástico. A temperatura e a maltodextrina influenciaram no comportamento reológico das formulações, com redução do índice de consistência com o aumento destes parâmetros.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Crateva tapia* L., adjuvante de secagem, reograma.

### RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF TRAPIÁ PULP: EFFECT OF TEMPERATURE AND MALTODEXTRIN CONCENTRATION

**ABSTRACT:** Native to Brazil, the trapiá is an edible but very perishable fruit. To increase the shelf life of the fruit, an alternative is the drying of its pulp, which requires the incorporation of drying adjuvants in order to obtain a final product with quality. When adding adjuvants, there will be a change in the rheological behavior, which in turn interferes with the drying and flow of the pulp in the pipes and equipment. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of temperature and maltodextrin concentration on the rheological behavior of trapiá pulp. Three formulations were made with trapiá pulp: F1 – pulp + 10% maltodextrin; F2 – pulp + 20% maltodextrin; F3 - pulp + 30% maltodextrin. It was observed that all rheological models fitted to rheograms can be used to estimate the rheological behavior of formulations, with emphasis on the Mizrahi and Berk and Herschel-Bulkley models. The formulations made with trapiá pulp and maltodextrin were classified as non-Newtonian and pseudoplastic fluids. The temperature and maltodextrin influenced the rheological behavior of the formulations, with a reduction of the consistency index with the increase of these parameters.

**KEYWORDS:** *Crateva tapia* L., drying aid, rheogram.

### INTRODUÇÃO

O *Crateva tapia* L., pertence à família *Capparaceae*, conhecido popularmente como trapiá cabaceira, cabeceira, pau d'alho ou tapiá, é uma espécie nativa no Brasil e é encontrada do México à Argentina, os frutos *in natura* são do tipo baga, comestíveis, redondos, com casca lisa, cor amarela quando maduros, com polpa branca suculenta que envolve as sementes e sabor doce (Alves et al., 2017;

Lorenzi et al., 2006; Cornejo e Iltis, 2008). Seus frutos são consumidos in natura, como refrescos ou bebidas vinosas (Lorenzi, 2002; Alves et al., 2012).

Para facilitar o processo de secagem utiliza-se adjuvantes usados em alimentos como a maltodextrina, ao adicionar haverá alteração no comportamento reológico das polpas, sendo necessário estudar a influência do tipo e concentração do adjuvante em formulações.

Diante destas informações este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura e da concentração de maltodextrina no comportamento reológico de polpas de trapiá formuladas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, na Universidade Federal de Campina Grande, em Campina Grande, PB. Utilizou-se como matéria-prima trapiás (*Crateva tapia* L.) em estágio de maturação maduros colhidos no distrito de São José da Mata no município Campina Grande, PB. Inicialmente os frutos (trapiás) foram selecionados manualmente, descartando-se os com danos na casca e em estágio de maturação verde ou semi-maduro; após a seleção, os frutos foram lavados em água corrente e imersos em uma solução de hipoclorito de sódio (50 ppm) por 15 min; posteriormente foram enxaguados e colocados para secar em ambiente natural do laboratório até a evaporação da água superficial. Os frutos foram cortados transversalmente com o auxílio de facas de aço inoxidável e com uma colher foi retirada a polpa com sementes. Para inativação enzimática da polpa com sementes adicionou-se 30% de solução de ácido ascórbico a 2% e em seguida fez-se o despolpamento em despolpadeira, onde foi separada a polpa das sementes. Após o despolpamento, a polpa foi acondicionada em sacos de polietileno de baixa densidade, congelada com nitrogênio líquido (-150 °C) e armazenada em freezer a -18 °C até o momento da sua utilização nos experimentos. Foram preparadas as seguintes formulações com a polpa de trapiá: F1 – polpa de trapiá + 10% maltodextrina; F2 – polpa de trapiá + 20% maltodextrina; F3 – polpa de trapiá + 30% maltodextrina.

Foram determinadas em viscosímetro de cilindros concêntricos (Brookfield DV II+PRO), as tensões de cisalhamento das formulações em diferentes taxas de deformação (1,25; 2,5; 5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30; 35; 37,5; 40; 45 e 50 s<sup>-1</sup>) e temperaturas (10, 20, 30, 40 e 50 °C).

Os modelos reológicos (Tabela 1) de Ostwald-de-Waelle ou Lei da potência, Mizrahi-Berk, Herschel-Bulkley e Casson foram ajustados às curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação (reogramas) das formulações, utilizando-se o programa computacional Statistica.

Tabela 1. Modelos reológicos ajustados aos reogramas das formulações

Modelos	Equação
Ostwald-de-Waelle	$\tau = K \dot{\gamma}^n$
Mizrahi-Berk	$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M \dot{\gamma}^{n_M}$
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_{OH} + K_H \dot{\gamma}^{n_H}$
Casson	$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_C \dot{\gamma}^{0,5}$

em que:  $\tau$  - tensão de cisalhamento (Pa);  $\dot{\gamma}$  - taxa de deformação (s<sup>-1</sup>); K, K<sub>M</sub>, K<sub>H</sub> e K<sub>C</sub> - índices de consistência (Pa s<sup>n</sup>); n, n<sub>M</sub> - índices de comportamento do fluido (adimensional); K<sub>OM</sub>, K<sub>OC</sub> - raiz quadrada da tensão inicial (Pa);  $\tau_{OH}$  - tensão de cisalhamento inicial (Pa).

Foram utilizados como critérios para a determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais o coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Equação 5.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_{\text{exp}} - x_{\text{teor}}|}{x_{\text{exp}}} \quad (\text{Eq. 1})$$

em que: P - desvio percentual médio (%);  $x_{exp}$  - valores obtidos experimentalmente;  $x_{teor}$  - valores preditos pelo modelo; n - número de dados experimentais

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 a 4 tem-se os parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle ou Lei da Potência, Mizrahi-Berk, Herschel-Bulkley e Casson ajustados aos reogramas das formulações da polpa de traipiá com maltodextrina. Observa-se que todos os modelos testados podem ser utilizados para estimar os reogramas das formulações em todas as temperaturas avaliadas, em razão de terem apresentado coeficientes de determinação  $R^2 \geq 0,95$  e desvios percentuais médios  $P < 5\%$ . Santos et al. (2016) ao ajustarem os modelos da Lei da Potência, Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk aos reogramas do suco de jambo-vermelho nas temperaturas de 10, 30, 50 e 70 °C encontraram também bons ajustes com  $R^2 > 0,90$  e  $\chi^2$  (qui-quadrado) próximos a zero. De forma geral os modelos de Mizrahi e Berk e Herschel-Bulkley apresentaram os maiores valores de  $R^2$  e baixos valores de P propiciando excelentes estimativas dos reogramas das formulações. A polpa de seriguela nas temperaturas de 0-80 °C também foi bem descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley (Augusto et al., 2012).

Tabela 2. Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da formulação F1 (polpa de traipiá + 10% maltodextrina).

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			$R^2$	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waelle	10	44,8874	0,3357		0,9757	4,85
	20	40,4802	0,2859		0,9697	4,59
	30	34,4977	0,2521		0,9861	2,62
	40	30,9599	0,2477		0,9827	2,76
	50	26,4256	0,2826		0,9746	4,00
Casson	Temp. (°C)	$K_{oc}$	$K_c$		$R^2$	P (%)
	10	6,6815	0,9253		0,9855	1,34
	20	6,3661	0,7090		0,9804	1,71
	30	5,8783	0,5609		0,9802	1,26
	40	5,5505	0,5235		0,9607	1,93
Herschel-Bulkley	Temp. (°C)	$\tau_{0H}$	$K_H$	$n_H$	$R^2$	P (%)
	10	38,1442	16,2938	0,5367	0,9848	2,67
	20	36,4400	11,6259	0,5259	0,9814	3,16
	30	24,5785	13,6808	0,4159	0,9918	2,19
	40	13,5326	19,0946	0,3276	0,9840	2,89
Mizrahi & Berk	Temp. (°C)	$K_{OH}$	$K_M$	n	$R^2$	P (%)
	10	5,8698	1,5320	0,3971	0,9877	1,27
	20	5,5179	1,3633	0,3685	0,9838	1,54
	30	4,1725	1,9601	0,2646	0,9911	1,09
	40	1,3544	4,2677	0,1504	0,9836	1,40
50	0,0206	5,1366	0,1406	0,9742	2,01	

Constata-se que os valores dos índices de comportamento do fluido (n) do modelo da Lei da Potência de todas as formulações foram inferiores a 1 (um) indicando que as formulações são fluidos não newtonianos com comportamento pseudoplástico. Outras polpas ou sucos de frutas foram também classificadas como fluidos pseudoplásticos: suco uva Cabernet Sauvignon (Castilhos et al., 2017); polpa de pequi com teores de sólidos solúveis totais variando entre 6-12 °Brix e temperaturas entre 25-50 °C (Sousa et al., 2014); polpa de cupuaçu com 2-12 °Brix e nas temperaturas entre 10-60 °C (Borges et al., 2017); entre outras polpas.

Verifica-se também que o índice de consistência (K) do modelo da Lei da Potência apresentou uma tendência de redução com o aumento da temperatura na maioria das formulações. Comportamento

semelhante também foi verificado nas temperaturas entre 10-60 °C para o suco de buriti (Rodrigues et al., 2016). Observa-se ainda que os menores valores de K foram obtidos na formulação F3 que possui a maior concentração de maltodextrina, indicando que houve uma tendência de redução da consistência com ao aumento da proporção de maltodextrina, o que confere a polpa de trapiá uma maior consistência.

Tabela 3. Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da formulação F2 (polpa de trapiá + 20% maltodextrina).

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			$R^2$	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waele	10	43,2532	0,3308		0,9845	3,82
	20	43,4449	0,2707		0,9981	1,07
	30	34,1422	0,2520		0,9860	2,61
	40	30,9598	0,2472		0,9825	2,75
	50	26,0321	0,2831		0,9769	3,29
Casson	Temp. (°C)	$K_{oc}$	$K_c$		$R^2$	P (%)
	10	6,5672	0,8896		0,9932	1,18
	20	6,5600	0,6949		0,9803	1,72
	30	5,8782	0,5609		0,9803	1,26
	40	5,5504	0,5235		0,9607	1,93
50	5,0550	0,5732		0,9534	2,33	
Herschel-Bulkley	Temp. (°C)	$\tau_{0H}$	$K_H$	$n_H$	$R^2$	P (%)
	10	39,0721	14,0070	0,5558	0,9952	1,95
	20	16,9693	28,8699	0,3404	0,9992	0,51
	30	24,5485	13,6808	0,4159	0,9918	2,19
	40	13,5326	19,0946	0,3276	0,9840	2,89
50	10,3533	17,2397	0,3550	0,9779	3,46	
Mizrahi & Berk	Temp. (°C)	$K_{OH}$	$K_M$	n	$R^2$	P (%)
	10	5,7339	1,5149	0,3917	0,9957	0,96
	20	3,1457	3,6160	0,2060	0,9994	0,24
	30	4,1725	1,9601	0,2646	0,9911	1,09
	40	1,3544	4,2677	0,1504	0,9863	1,40
50	0,2744	4,8525	0,1463	0,9767	1,64	

Tabela 4. Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da formulação F3 (polpa de trapiá + 30% maltodextrina).

Modelos	Temp. (°C)	Parâmetros			$R^2$	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waele	10	40,2087	0,3451		0,9929	2,21
	20	34,2697	0,3747		0,9960	1,97
	30	30,5239	0,3359		0,9961	1,94
	40	25,6245	0,3425		0,9883	3,47
	50	22,2570	0,3483		0,9881	3,27
Casson	Temp. (°C)	$K_{oc}$	$K_c$		$R^2$	P (%)
	10	6,2355	0,9251		0,9828	1,83
	20	5,7107	0,9604		0,9879	1,93
	30	5,0257	0,7217		0,9906	1,62
	40	5,5504	0,5235		0,9607	1,44
50	4,6500	0,6943		0,9819	1,94	
Herschel-Bulkley	Temp. (°C)	$\tau_{0H}$	$K_H$	$n_H$	$R^2$	P (%)
	10	22,6958	22,6410	0,4556	0,9954	2,11
	20	17,6274	21,0877	0,4701	0,9980	1,20
	30	16,7093	17,4215	0,4425	0,9985	1,17

	40	20,8679	10,0008	0,5292	0,9956	2,00
	50	14,0234	11,5458	0,4760	0,9915	3,04
	<b>Temp. (°C)</b>	<b>K<sub>OH</sub></b>	<b>K<sub>M</sub></b>	<b>n</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>P (%)</b>
<b>Mizrahi &amp; Berk</b>	10	3,0875	3,5332	0,2508	0,9952	1,00
	20	3,0183	3,1521	0,2747	0,9986	0,54
	30	3,0227	2,7684	0,2613	0,9986	0,54
	40	4,0196	1,4976	0,3543	0,9945	0,95
	50	2,8387	2,1598	0,2835	0,9914	1,46

## CONCLUSÕES

Os modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Mizrahi–Berk, Herschel–Bulkley e Casson podem ser utilizados para estimar o comportamento reológico das formulações elaboradas com a polpa de tapiá, em razão de terem apresentado altos coeficientes de determinação ( $R^2 \geq 0,95$ ) e baixos desvios percentuais médios ( $P < 5\%$ ), com destaque para os modelos de Mizrahi e Berk e Herschel-Bulkley. As formulações elaboradas com a polpa de tapiá e maltodextrina foram classificadas como fluidos não newtonianos e pseudoplástico. A temperatura e a maltodextrina influenciaram no comportamento reológico das formulações, com redução do índice de consistência com o aumento destes parâmetros.

## REFERÊNCIAS

- Alves, E. U.; Santos-moura, S. S.; Moura, M. F.; Guedes, R. S.; Estrela, F. A. Germinação e vigor de sementes de *Crataeva tapia* L. em diferentes substratos e temperaturas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 34, n. 4, p.1208-1215, 2012.
- Alves, E. U.; Santos-moura, S. S.; Moura, M. F.; Silva, R. S.; Galindo, E. A. Drying on the germination and vigor of *Crataeva tapia* L. seeds. *Ciência Rural*, v. 47, n. 9, e20150338, 2017.
- Augusto, P. E.D. ; Cristianini, M.; Ibarz, A. Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea* L.) pulp. *Journal of Food Engineering*, v. 108, p. 283–289, 2012.
- Borges, S. F.; Pires, V. P.; Sampaio, R. M.; Vélez, H. A. V. Estudo do comportamento reológico e estabilidade da polpa de cupuaçu (*Theobroma grandiniflorum*). *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, v.4, n. 6, p. 61-75, 2017.
- Castilhos, M. B. M.; Betiol, L. F. L.; Carvalho, G. R.; Telis-romero, J. Experimental study of physical and rheological properties of grape juice using diferente temperatures and concentrations. Part I: Cabernet Sauvignon. *Food Research International*, v. 100, p. 724-730, 2017.
- Cornejo, X.; Iltis, H. H. A revision of the american species of the genus *Crataeva* (Capparaceae). *Harvard Papers in Botany*, v.13, n.1, p. 121–135, 2008.
- Lorenzi, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 2002. 368 p.
- Lorenzi, H.; Bacher, L.; Lacerda, M. E.; Sartori, S. Frutas brasileiras e exóticas cultivadas (de consumo in natura). São Paulo: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 640 p.
- Rodrigues, A. M. C.; Bezerra, C. V.; Silva, I. Q.; Silva, L. H. M. Propriedades reológicas do suco de buriti (*Mauritia flexuosa*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.38, n. 1, p. 176-186, 2016.
- Sousa, E. P.; Queiroz, A. J. M.; Figueirêdo, R. M. F.; Lemos, D. M. Comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 17, n. 3, p. 226-235, 2014.