

# DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO REOLÓGICA DE POLPA MISTA DE BETERRABA, CENOURA E LARANJA

*Development and Reological Evaluation of Mixed Beet, Carrot  
and Orange Pulp*

## Resumo:

A busca constante pelo consumo de alimentos saudáveis faz com que a demanda por frutas e hortaliças cresça, no entanto a falta de tempo muitas vezes não permite o consumo deste tipo de alimento in natura. Nesse contexto, faz-se necessário o incentivo do desenvolvimento de novas pesquisas e tecnologias para obtenção de produtos que somem benefícios a saúde com praticidade, como por exemplo: a industrialização de polpas funcionais. Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi processar e avaliar quanto ao comportamento reológico uma polpa mista de beterraba, cenoura e laranja, nas temperaturas de 10 e 25°C. Pôde-se verificar que os dados obtidos se ajustaram melhor ao modelo matemático de Herschel-Bulkley com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) iguais a 99,9%, se caracterizando como um fluido não newtoniano com comportamento pseudoplástico.

## Abstract:

The constant search for the consumption of healthy food increases the demand for fruits and vegetables, however the lack of time often does not allow the consumption of this kind of food in natura. In this context, it is necessary to encourage the development of new researches and technologies to obtain products that add health benefits with practicality, for example: the industrialization of functional pulps. In this way, the objective of the present work was to process and evaluate the rheological behavior of beet, carrot and orange mixed pulp at temperatures of 10 and 25 ° C. It was verified that the obtained data were better adjusted to the Herschel-Bulkley mathematical model with determination coefficients ( $R^2$ ) equal to 99.9%, being characterized as a non-Newtonian fluid with pseudoplastic behavior



***Luis Paulo Firmino Romão da  
Silva, Agdylannah Felix Vieira,  
Larissa Monique de Sousa  
Rodrigues, Jamilly Salustiano  
Ferreira Constantino, Renata  
Duarte Almeida <sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande  
E-mail: luuiisenator@gmail.com

Contato principal

***Luis Paulo Firmino Romão da Silva<sup>1</sup>***



***Palavras chave: saudável, praticidade,  
pseudoplástico***

***Keywords: healthy, practicality, pseudoplastic***



## INTRODUÇÃO

A preocupação cada vez maior dos consumidores em adquirir alimentos considerados mais saudáveis faz com que a demanda por frutas e hortaliças cresça. No entanto, a falta de tempo por vezes não permite o consumo *in natura* desses, impulsionando as indústrias a desenvolverem produtos diversificados neste sentido (MAIA et al., 2009).

A utilização de frutas e hortaliças tem crescido devido ao seu valor nutritivo e efeitos terapêuticos. Esses alimentos contêm diferentes fitoquímicos, possuindo propriedades antioxidantes que podem estar relacionadas com o retardo do envelhecimento e na prevenção de certas doenças como o câncer, acompanhado de doenças-crônicas-inflamatórias, doenças cardíacas, pulmonares e problemas associados com o envelhecimento (SIQUEIRA et al., 1997; LIMA et al., 2002). Uma alternativa promissora para o processamento de frutas e hortaliças, aliada à praticidade para o consumidor, é a produção de polpa mista funcional, como por exemplo: a polpa mista de beterraba, cenoura e laranja.

Segundo a legislação brasileira do Ministério da Agricultura (Instrução Normativa nº 01, de 07 de janeiro de 2000), “polpa é o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido pelo esmagamento de frutos polposos através de processo tecnológico adequado, com teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto” (BRASIL, 2000). É um produto que vem em constante ascensão apresentando um leque de opções de sabores, visto que a população está adquirindo uma melhor conscientização no que concerne à substituição de bebidas ricas em açúcar e conservantes por bebidas funcionais e desintoxicantes.

A beterraba é um vegetal igualmente popular, presente na alimentação humana em saladas e diversas preparações (LATORRE et al., 2010), possuindo diversas qualidades nutricionais, como vitaminas do complexo B, potássio, ferro, sódio, cobre e zinco (ALVES et al., 2008). Apresenta características de alimento funcional devido ao seu alto teor de fibras, pelo seu corante natural, betalafina, e por seus compostos fenólicos. (KANNER; HAREL; GRANIT, 2001).

A cenoura (*Daucus carota*) é uma das hortaliças mais consumidas no mundo e possui alto teor de  $\beta$ -Caroteno, conhecido como precursor de vitamina A. Possui ainda algumas características interessantes, como alto teor de água e de açúcares totais (MIHOUBI et al., 2009). É muito rica em vitaminas como B1 e B2 e em sais minerais, além de possuir fibras importantes para o funcionamento do intestino. Essa hortaliça é conhecida por seu atrativo para o uso na alimentação diária devido à pectina, capaz de baixar a taxa de colesterol do organismo (SASAKI, 2010).

A laranja (*Citrus sinensis L.*) possui a combinação perfeita entre sabor e saúde. O suco de laranja possui vitaminas e nutrientes suficientes para ser considerado um alimento saudável (Food and Drug Administration – EUA), além de

possuir quantidades de gorduras e sódio dentro de padrões estabelecidos. Essa fruta possui vários principais nutrientes, dentre os principais estão: vitaminas C e B, potássio, fibra e ferro (ONJUS, 1998)

No que se refere às indústrias, o conhecimento do comportamento reológico de polpas é de grande importância na etapa de processamento, incluindo aplicações tecnológicas, sensoriais e de engenharia como, por exemplo, no projeto de bombas, tubulações, trocadores de calor e tanques de mistura (TORALLES et al., 2006).

Ante o exposto, objetivou-se processar polpa mista de beterraba, cenoura e laranja, avaliando o produto obtido quanto ao comportamento reológico, nas temperaturas de 10°C e 25°C.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos nos Laboratórios de Engenharia de Alimentos (LEA) da Universidade Federal de Campina Grande e os produtos utilizados: laranja, beterraba e cenoura no estágio de maturação maduro, foram adquiridos no comércio da cidade de Campina Grande-PB.

As matérias primas foram lavadas em água corrente para remoção de sujidades, sanitizados em solução clorada com 100 ppm de cloro ativo por 15 min e enxaguados em água corrente. Em seguida, as laranjas foram cortadas transversalmente e submetidas à remoção manual do suco, com posterior filtragem para remoção de resíduos e sementes provenientes do processo de extração. A beterraba e cenoura foram cortadas em pequenos pedaços e processadas separadamente em um processador de alimentos. A formulação do mix contendo 40% de polpa de laranja, 30% de polpa de beterraba e 30% de polpa de cenoura foram batidas em liquidificador doméstico para homogeneidade das polpas que foram acondicionados em freezer (-18 °C) até o momento de sua utilização.

O mix foi avaliado nas temperaturas de 10 e 25 °C, utilizou-se um viscosímetro Brookfield, modelo DVII+Pro, com spindle 3, para obtenção da viscosidade aparente (mPa.s) e torque (%), nas velocidades de rotações de 50 a 200 rpm à pressão constante.

Para transformar as leituras dos torques em medidas reológicas utilizou-se a metodologia proposta por Mitschka (1982) e com os dados de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação foram traçados reogramas e ajustados aos modelos de Casson, Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) e Herschel-Bulkley através do software STATISTICA 8.0.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Casson, do mix de beterraba, cenoura e laranja, nas temperaturas estudadas e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ).

Verifica-se que, para todos os modelos estudados os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram superiores a 96,8%. Dentre os modelos testados, o modelo de Herschel-Bulkley foi o que apresentou os melhores valores, todos superiores a 99,09%. Para Vandresen (2007), em seu estudo reológico de sucos de cenoura e laranja, o melhor ajuste em relação à coerência entre os parâmetros foi obtido com o modelo de Herschel-Bulkley. Fernandes et al. (2008) também observaram o mesmo resultado na caracterização da polpa de Umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C.

Este modelo, Herschel-Bulkley, também tem sido usado para descrever o comportamento de diversos fluidos alimentícios, como por exemplo, polpa de pitaya (SOUSA, 2015), suco de cenoura e laranja (VANDRESEN, 2007), suco de uva integral e crioconcentrado (PICCOLI, 2015).

Tabela 1: Parâmetros reológicos do mix de polpa de beterraba, cenoura e laranja.

Modelo	Parâmetros	Temperaturas	
		10 °C	25 °C
Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)	K	0,68	2,38
	n	0,55	0,40
	$R^2$ (%)	98,30	97,07
Herschel-Bulkley	$\tau_0$	-189,44	8,79
	K	179,78	0,02
	n	0,02	0,97
	$R^2$ (%)	99,99	99,09
Casson	Koc	3,30	7,81
	Kc	0,05	0,07
	$R^2$ (%)	96,81	98,94

Segundo Machado (2002), o valor do índice de comportamento (n) indica o grau de pseudoplasticidade do

fluido. Para  $n > 1$ , o fluido apresenta comportamento dilatante. Entretanto se  $n < 1$ , o material apresenta um comportamento pseudoplástico e, quanto mais afastado for este valor da unidade, maior será a pseudoplasticidade do produto. Para  $n=1$ , o fluido se comporta como Newtoniano. O modelo matemático de Herschel-Bulkley possui vasta aplicação em cálculos de projeto na área de alimentos, e são utilizados em estudos de diferentes polpas, foi o caso em polpas de gabioba e goiaba por Oliveira (2011) e em polpas de acerola, maracujá e taperebá por Bezerra (2013).

Nas Figuras 01 a 03, estão plotados os resultados experimentais de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação do mix de beterraba, cenoura e laranja nas temperaturas de 10 e 25°C, ajustadas aos modelos reológicos. Verifica-se que, para uma tensão de cisalhamento fixa a taxa de deformação aumenta conforme o aumento da temperatura, as curvas não apresentaram uma relação linear entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação, caracterizando como um fluido não newtoniano e comportamento pseudoplástico.

As Curvas apresentam-se em posições claramente distintas, a amostra com menor temperatura apresenta uma maior viscosidade, efeito esperado em polpas. Um dos fatores que afetam a viscosidade é a temperatura, visto que a maior parte das polpas possui sólidos dispersos em meio líquidos e um aumento de temperatura nesse caso faz com que a viscosidade da fase líquida diminua. Outros autores estudaram a influência da temperatura sobre o comportamento reológico de polpa de frutas e doces, Almeida et al. (2016) estudou a influência em doce de corte de umbu, Fernandes et al., (2008) analisou em função da polpa de umbu-cajá e Vidal et al., (2006) em polpa de manga.

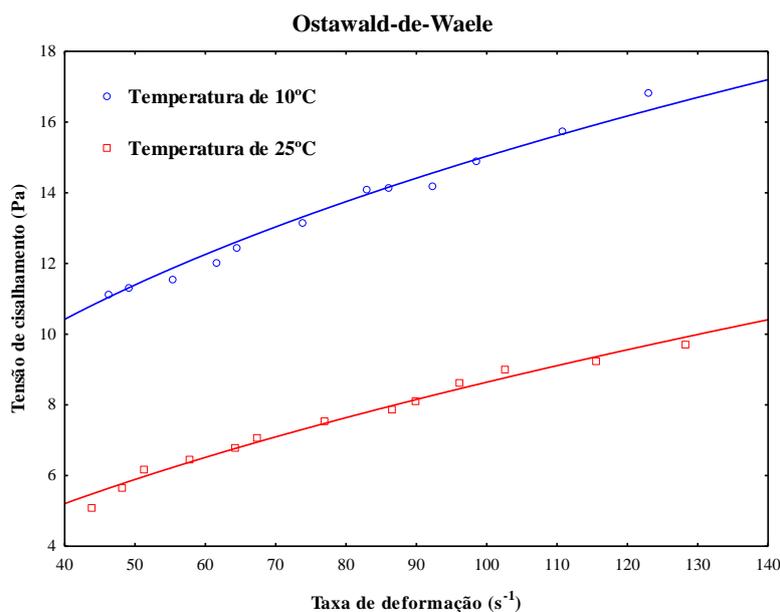


Figura 1: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do mix de polpa de beterraba, cenoura e laranja, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele.

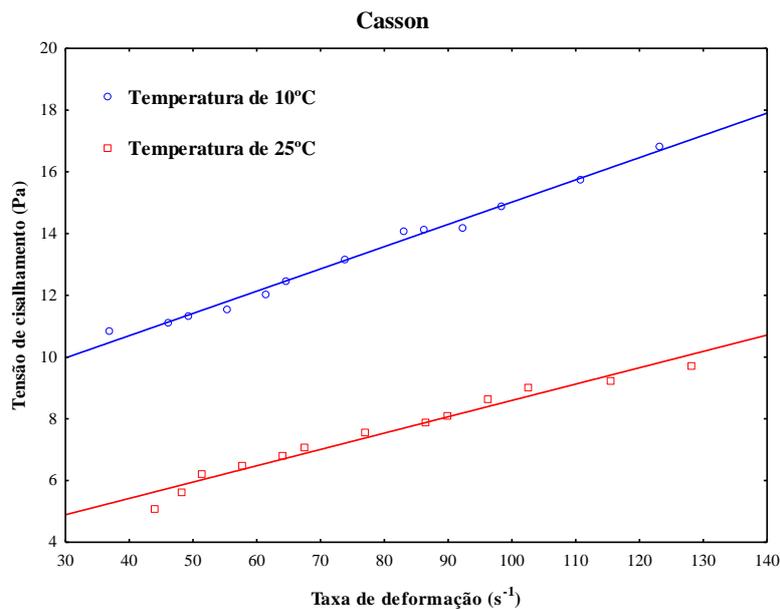


Figura 2: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do mix de polpa de beterraba, cenoura e laranja, descrita pelo modelo de Casson.

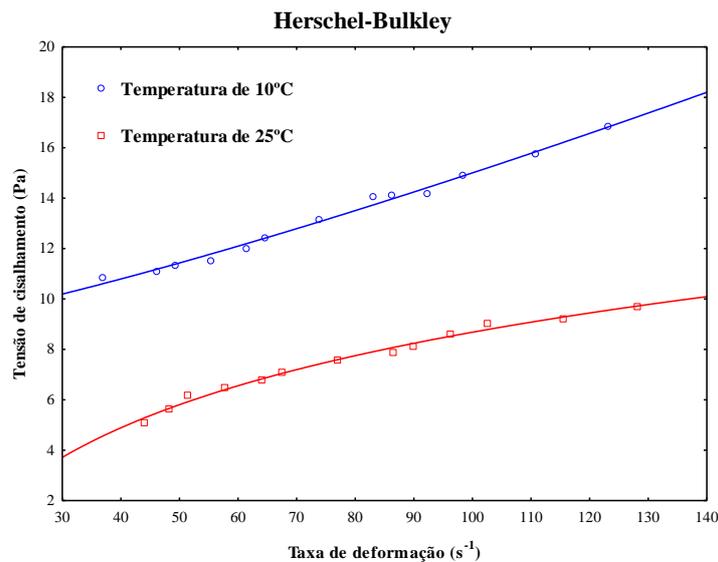


Figura 3: Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação do mix de polpa de beterraba, cenoura e laranja, descrita pelo modelo de Herschel-Bulkley.

## CONCLUSÃO

Conclui-se que a polpa mista estudada (de beterraba, cenoura e laranja) demonstrou ser uma alternativa promissora para utilização em escala industrial, visto que apresentou bons ajustes para todos os modelos reológicos, muito embora o modelo de Herschel-Bulkley represente melhor o comportamento reológico e, por isso, foi considerado o melhor modelo em todas as temperaturas estudadas.

Observa-se também que a viscosidade do mix é aparente, ou seja, diminui com o aumento da temperatura. Esse

efeito é esperado em polpas, indicando um comportamento não-newtoniano e pseudoplástico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R. D., DUARTE, M. E. M., CAVALCANTI-MATA, M. E. R. M., OLIVEIRA, H. M. L., ALMEIDA, R. D. Comportamento reológico de formulações para a elaboração de doce de corte de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.18, n.2, p.195-205, 2016.

ALVES, A. U.; PRADO, R. M.; GONDIM, A. R. O.; FONSECA, I. M.; FILHO, A. B. C. Desenvolvimento e estado nutricional de beterraba em função da omissão de nutrientes. **Horticultura Brasileira**. v. 26, p. 292-295, 2008.

BEZERRA, C. V. et al. Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 16, n. 2, p. 155-162, abr./jun. 2013.

BRASIL. Leis, Decretos, etc. **Instrução Normativa nº 1, de 7 jan. 2000**, do Ministério da Agricultura. Diário Oficial da União, Brasília, n. 6, 10 jan. 2000. Seção I, p. 54-58. Aprova os Regulamentos Técnicos para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpas e sucos de frutas.

FERNANDES, T. K. S., Figueirêdo, R. M. F., Queiroz, A. J. M., Melo, K. S., Bezerra, M. C. T. Estudo do Comportamento Reológico da Polpa de Umu-cajá em Função da Concentração de Maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.171-180, 2008.

KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. Betalains: A new class of Dietary Cationized Antioxidants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.29, p. 5178-5185, 2001.

LATORRE, M. E.; NARVAIZ, P.; ROJAS, A. M.; GERSCHENSON, L. N. Effects of gamma irradiation on bio-chemical and physico-chemical parameters of fresh-cut red beet (*Beta vulgaris* L. Var. *conditiva*) root. **Journal of Food Engineering**, V. 8, n. 2, P. 178-191, 2010.

LIMA, V. L. A. G.; MELO, E. A.; LIMA, D. E. S. Fenólicos e carotenóides totais em pitanga. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n.3, 2002.

MACHADO, J.C., Reologia e escoamento de fluidos: ênfase na indústria de Petróleo. Rio de Janeiro, Interciência, 2002.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M. de.; LIMA, A. da S.; CARVALHO, J. M. de.; FIGUEIREDO, R. W. de. **Processamento de Frutas Tropicais**. Edições UFC, 2009. 277p.

MIHOUBI, D.; TIMOUMI, S.; ZAGROUBA, F. Modelling of convective drying of carrot slices with IR heat source. **Chemical Engineering processing**, v. 48, p. 808-815, 2009.

OLIVEIRA, R. C., ROSSI, R. M., DAVANTEL, S. T. B. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento

reológico das polpas de gabioba e goiaba. **Acta Scientiarum Technology**. v. 33, n. 1, p. 31-37, 2011. Maringá - Paraná.

ONJUS. 100% advantage. Disponível em <http://www.onjus.com/advantage.html>. Acesso em: 18 ago 2017.

PICCOLI, K. R. **Influência da Crioconcentração nas Propriedades Reológicas de Sucos de Uva**. Trabalho de conclusão de curso (TCC) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, Paraná, 2015.

SASAKI, Edgar Takashi; Programa Padrão: Classificação da Cenoura para o Programa Brasileiro para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigrangeiros. Disponível em: <http://www.hortibrasil.org.br/jnw/images/stories/folders/cenoura.pdf> Acessado em: 02 jul 2017.

SIQUEIRA, F. M.; OETTERER, M.; REGINATOD'ARCE, M. B. Nutrientes antioxidantes. **Boletim SBCTA**, Campinas, v. 31, n. 2, p. 192-199, 1997.

SOUSA, E. M. P. **Extração, Estabilidade, Reologia e Higroscopicidade do Corante de Pitaya (*Hylocereus Costaricensis*)**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Naturais da Amazônia (PRODERNA), Belém – PA, 2015.

STATSOFT, Inc. STATISTICA for Windows (data analysis software system), version 8.0. Computer program manual. Tulsa: Statsoft, 2008.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T. Reologia de Purê homogeneizado de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2006.

VANDRESEN, S. **Caracterização físico-química e comportamento reológico de sucos de cenoura e Laranja e suas misturas**. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, 2007.

VIDAL, J. R. M. B., Sierakowski, M. R., Haminiuk, C. W. I., Masson, M. L. Propriedades Reológicas da Polpa de Manga (*Mangifera indica* L. cv. Keitt) centrifugada. **Revista Ciências agrotécnica**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 955-960, set./out., 2006.