

Comportamento reológico da polpa de manga (*Mangifera indica* L. cv. 'Keitt'), integral e centrifugada

José Raniere M. Vidal Bezerra

Departamento de Engenharia de Alimentos (UNICENTRO)
C.P. 730 - Guarapuava - PR / Brasil - Cep: 85015-430

Daniela H. Pelegrine e Carlos A. Gasparetto

Departamento de Engenharia de Alimentos (UNICAMP)
FEA - UNICAMP C.P. 6121 Campinas - SP/- Brasil - CEP 13.081-970

(Recebido: 12 de agosto de 2004)

Resumo: *A crescente necessidade e procura de parâmetros reológicos, para os diversos fluidos manipulados nas indústrias de processamento, está ligada, também, à grande importância econômica que estes fluidos e equipamentos de manipulação representam atualmente. O objetivo deste trabalho foi estudar, experimentalmente, o efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga integral e centrifugada na faixa de temperatura de 10° C a 60° C. A polpa integral foi produzida em planta piloto e refinada num "finisher" com peneira de 1,6mm. As análises reológicas foram conduzidas em um reômetro Haake Rotovisco RV-20 com geometria de cilindros concêntricos. O efeito da temperatura sobre o parâmetro reológico representado pelo índice de comportamento, foi ajustado pelos modelos de Mizrahi-Berk (M-B) e Lei da Potência. Com este trabalho, verificou-se que o índice de comportamento menor que 1(um) tanto para as polpa de manga integrais, quanto para as centrifugadas, o que indica que o comportamento pseudoplástico é independente do processamento.*

Palavras-chave: *Reologia, Temperatura, Manga, Polpa*

Abstract: *The crescent necessity and demand of rheological parameters to the several manipulated fluids at the processing industries is connected also to the big economic importance wich these fluids and equipments of manipulation represent nowadays. The rheological behavior of mango pulp (Keitt) was measured in the temperature range 10-60 °C. Whole pulp was produced in pilot plant and finished with 1,6 mm mash sieve. Rheometry was conducted*

in a Haake-Rotovisco RV-20 rheometer with concentric cylinders. Temperature effect on rheological parameters of consistency was fitted to the Mizrahi-Berk model and the power law. With this work it was checked that the behavior index under than 1 (one) as to the whole mango pulp as to the centrifugada shows that pseudoplastic behaviour is independent of the processing.

Key words: *Rheology, Temperature, Mango, Pulp*

1 Introdução

A manga é um fruto de regiões tropicais e subtropicais de grande demanda em todo o mundo, tanto para o seu consumo *in natura* quanto industrializada em forma de sucos, néctares, sorvetes e sobremesas gelificadas (PELEGRIN, 1999). A variedade Keitt ocupa posição de destaque nos mercados interno e externo, tanto para o consumo *in natura* quanto para a industrialização, conforme relatam os trabalhos de Siqueira *et al.* (1988) e Cerezal *et al.* (1995), devido ao elevado teor de polpa e de sólidos solúveis totais, pH favorável, maior suculência e menor teor de fibras.

Para fabricação dos produtos derivados de manga, utiliza-se a polpa concentrada, a qual será submetida aos processos de industrialização. Para que cada etapa do processo seja economicamente viável, é fundamental o conhecimento das propriedades físicas e químicas da polpa submetida a tais processos. Dentre essas propriedades, o comportamento reológico ocupa posição de grande destaque, sendo útil não só como medida de qualidade, mas também em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos tais como as bombas, sistemas de agitação e tubulações (IBARZ *et al.*, 1996; QUEIROZ *et al.*, 1996).

A inexistência de dados reológicos sobre frutas tropicais, como manga, morango, goiaba, etc, na literatura tem levado a indústria nacional a utilizar no processo de fabricação destes sucos, condições semelhantes às aplicadas na produção do suco de laranja. Todavia, por terem propriedades diferentes, os resultados não atingem o mesmo nível de qualidade (VIDAL, 1997). Para obter sucos concentrados com qualidade, a indústria brasileira deve respeitar as características exclusivas de cada fruta. A crescente necessidade e procura dos parâmetros reológicos para os diversos fluidos manipulados nas indústrias de processamento está ligada também à grande importância econômica que estes fluidos e equipamentos de manipulação representam atualmente. O objetivo deste trabalho foi estudar experimentalmente o comportamento reológico da polpa de manga integral e centrifugada na faixa de temperatura de 10 °C a 60 °C. As medidas reológicas foram feitas no reômetro Haake Rotovisco modelo RV - 20, utilizando-se cilindros concêntricos.

2 Materiais e métodos

A manga utilizada, neste trabalho, é de variedade Keitt e foi selecionada de um único lote proveniente da região sul de Minas Gerais. As polpas foram produzidas em planta piloto, a partir de frutas cujo grau de maturação foi padronizado por ensaio em texturômetro da marca Texture Analyser modelo TA - TX , com penetração de 1 cm.

Em seguida, as frutas foram despulpadas em um equipamento da marca Mecamau com tela de 1,6mm de abertura. A polpa integral foi congelada em um congelador de placa a -20°C , visando a um congelamento rápido do material para evitar a formação de grandes cristais de gelo na superfície e danificação das estruturas celulares, além de inibir ações enzimáticas. Após 4 horas, o material foi retirado e embalado a vácuo em sacos de polietileno para diminuir o contato com o ar.

O produto embalado foi armazenado em freezer horizontal a -15°C . Parte da polpa integral foi centrifugada a 15000 rpm (29000 G) modelo VS - 24 SMT, durante 40 minutos.

2.1 Medidas reológicas

As medidas reológicas foram feitas às temperaturas de 10, 20, 30, 40, 50 e 60°C no reômetro de cilindros concêntricos ZA30, Haake Rotovisco, modelo RV-20. O tempo de corrida, para cada ensaio, foi programado para 4 minutos, sendo que nos dois minutos iniciais a taxa de deformação variou de maneira crescente até o valor máximo, próximo de 300 s^{-1} . Em seguida, a taxa de deformação variou de maneira decrescente durante dois minutos até o valor mínimo próximo de 0 s^{-1} .

Tanto na corrida ascendente, quanto na descendente, foram obtidos 20 pontos de taxa de deformação versus tensão de cisalhamento, resultando num total de 40 pontos, dos quais foi tomado o valor médio da tensão de cisalhamento para cada taxa de deformação. Os experimentos foram realizados em triplicata, onde para cada repetição utilizou-se uma nova amostra, igual a anterior, para evitar possíveis efeitos de tempo.

As curvas de taxa de deformação versus tensão de cisalhamento foram ajustadas pelos modelos de M-B e Lei da Potência, representados pelas Eqs. (1) e (2), na Tabela 1.

Modelo de Mizrahi-Berk(M-B)		Modelo Lei da Potência	
Equação	$\tau^{0,5} = \kappa_{OM} + \kappa_M \cdot \gamma^{n_M}$ (1)	Equação	$\tau = \kappa \cdot \gamma^n$ (2)
τ	Tensão de cisalhamento (Pa)	τ	tensão de cisalhamento (Pa)
γ	taxa de deformação (s^{-1})	γ	taxa de deformação (s^{-1})
κ_M	índice de consistência (Pa.s)	κ	índice de consistência (Pa.s)
n_M	índice de comportamento	n	índice de comportamento
κ_{OM}	raiz quadrada da tensão inicial (Pa) ^{0,5}		

Tabela 1. Modelos Reológicos utilizados

A decisão do modelo mais adequado foi tomada com base nos parâmetros estatísticos coeficiente de correlação (R^2), chi-quadrado (γ^2) e soma dos quadrados dos resíduos (SSR), conforme definidos por Bender *et al* (1982).

3 Resultados e discussão

As Figuras 1 e 2 representam as relações entre tensão de cisalhamento e taxa de deformação, para as diferentes temperaturas da polpa de manga integral e centrifugada, respectivamente. Os pontos marcados representam os pontos experimentais dos reogramas, enquanto que as linhas contínuas são os resultados dos ajustes pelo modelo de Mizrahi-Berk e Lei da Potência, escolhido pelo fato de haver proporcionado os melhores parâmetros de ajuste para a polpa, em todas as temperaturas, com os menores valores para o (γ^2) e SSR e maiores para (R^2). Nessas figuras são também representados os resultados de Queiroz (1998) e Pelegrine (1999).

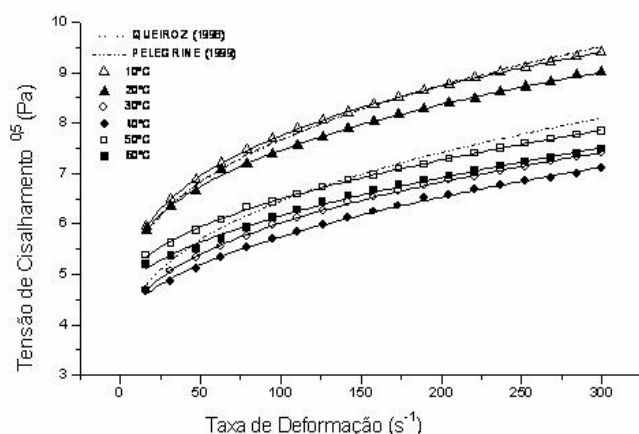


Figura 1. Modelo de Mizrahi-Berk ajustado para a polpa integral.

Na Figura 1, verifica-se que a viscosidade diminui com o aumento da temperatura até 40°C. Para as temperaturas de 50°C a 60°C, observa-se um aumento da viscosidade o que pode ser explicado por uma possível geleificação do amido presente na polpa de manga. Segundo Botrel (1994), durante o desenvolvimento da manga, uma das principais alterações químicas é o pronunciado aumento no teor de amido, o qual passa de 1 para 13%. A temperatura é um dos fatores que mais afetam a viscosidade das polpas de frutas, já que a maioria destas apresentam-se na forma de sólidos dispersos em meios líquidos. Um aumento da temperatura, neste caso, faz com que a viscosidade da fase líquida diminua, aumentando a mobilidade das partículas em suspensões, diminuindo conseqüentemente a viscosidade da polpa (VIDAL, 2000).

Na Tabela 2, verifica-se o valor do índice de comportamento (n_M) menor que um (1) para todos os casos, mostrando que a polpa de manga integral apresenta comportamento pseudoplástico. Com o aumento da temperatura, observou-se um aumento no índice de comportamento (n_M) e uma diminuição no parâmetro índice de consistência (K_M).

	10° C	20° C	30° C	40° C	50° C	60° C
$\kappa_{OM} (Pa.s)^{0,5}$	3,41	4,12	3,47	3,81	4,57	4,51
$\kappa_M (Pa.s)$	1,12	0,68	0,41	0,20	0,20	0,14
η_M	0,29	0,35	0,40	0,48	0,48	0,54
Erro κ_{oM}	0,06	0,02	0,09	0,11	0,07	0,13
Erro κ_M	0,04	0,11	0,04	0,04	0,02	0,04
Erro η_M	0,00	0,02	0,02	0,03	0,01	0,04
χ^2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SSR	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,03
R ²	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Tabela 2. Parâmetros do modelo de Mizrahi-Berk (M-B) para polpa de manga integral.

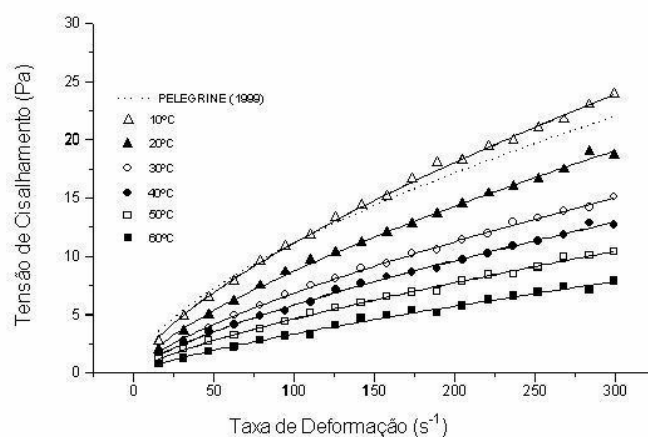


Figura 2. Modelo Lei da Potência ajustado para polpa centrifugada.

	10° C	20° C	30° C	40° C	50° C	60° C
$\kappa(Pa.s)$	0,45	0,32	0,25	0,20	0,15	0,09
n	0,69	0,71	0,72	0,73	0,74	0,77
Erro κ	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Erro n	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
χ^2	0,06	0,06	0,02	0,03	0,02	0,04
SSR	1,16	1,09	0,44	0,61	0,44	0,69
R ²	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99

Tabela 3. Parâmetros do modelo Lei da Potência para polpa de manga centrifugada

Os resultados apresentados na Figura 2 foram coerentes com as observações feitas por Giner (1996), ao analisar a influência da temperatura na reologia do suco clarificado de cereja, observando que um aumento na temperatura resultou no decréscimo da sua viscosidade.

Na Tabela 3 verifica-se que o valor do índice de comportamento (n_M) menor que um (1) para todos os casos, mostrando que a polpa de manga centrifugada apresenta comportamento pseudoplástico. Com a variação da temperatura, o índice de comportamento (n_M) mostrou-se na faixa 0,69 a 0,77 e observa-se uma diminuição no parâmetro K_M (índice de consistência) e um aumento no índice de comportamento (n_M).

Referências

- BENDER, F. E.; DOUGLASS, L. W. ; KRAMER, A. "Statistics in research", in *Statistical methods for food and agriculture*, Avi Publishing Company, Inc., Westport (USA), 1982.
- BOTREL, N. *Inf. Agropec.*, Belo Horizonte, v.17, n.179, p.55-60, 1994.
- CARDELLO, H.M.A.B.; MORAES, M.A.C. "Análise sensorial de manga (*mangífera indica L.*), var. Haden, em pedaços, processada e congelada", *Alimentos e Nutrição*, v. 8, p. 27-38, 1997.
- CEREZAL, P.; BATISTA, A. R.; PIÑERA, R. M. "Evaluation de cultivares de mango para la elaboración de pulpas", *Alimentaria*, v. 260, p. 29-31, 1995.
- IBARZ, A.; GONÇALVES, C. A.; EXPLUGAS, S. "Rheology of clarified passion fruit juices", *Fruit Processing*, v. 6, p. 330-333, 1996.
- GINER, J.; IBARZ, A.; GARZA, S.; XHIAN-QUAN, S. Rheology of Clarified Cherry Juices. *Journal of Food Engineering*, v.30, n.1/2, p.147-154, 1996.
- PELEGRINE, D.H.; *Comportamento reológico das polpas de manga e abacaxi*. Tese de Mestrado, FEA/UNICAMP, Campinas, São Paulo,1999.
- QUEIROZ, A. J. .M.; VIDAL, J.R.M.; GASPARETTO, C.A. "Influência dos sólidos suspensos na reologia do suco de abacaxi", *XIV Encontro Sobre Escoamento em Meios Porosos*, Uberlândia, v. 1, p. 49-53, 1996.
- QUEIROZ, A.J.M.; *Estudo do comportamento reológico dos sucos de abacaxi e manga*. Tese de Doutorado, FEA/UNICAMP, Campinas, São Paulo,1998.
- SIQUEIRA, D.L.; BROTEL, N.; CARVALHO, V.D.; RAMOS, V.H.V.; COUTO, F.A.D. "Características físicas e químicas de vinte cultivares de mangueira (*mangífera indica L.*)", *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.10, p. 49-54, 1988.
- VIDAL, J.R.M.B. *Estudo reológico do suco de manga - efeito dos sólidos insolúveis*. Tese de Mestrado, FEA/UNICAMP, Campinas, São Paulo,1997.
- VIDAL, J.R.M.B. *Comportamento reológico da polpa de manga (mangífera indica-L)*. Tese de Doutorado, FEA/UNICAMP, Campinas, São Paulo, 2000.