

**COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA POLPA DE MURTA COM MALTODEXTRINA**

Regilane Marques Feitosa¹, Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo², Alexandre José de Melo Queiroz³ & Emanuel Neto Alves de Oliveira⁴

1- Pós doutorado em Eng. de Processos, Técnica de laboratório IFAL/Piranhas-AL, regilanemarques@yahoo.com.br

2- Doutora em Engenharia Agrícola, professores UFCG/Campina Grande-PB

3- Doutor em Engenharia Agrícola, professores UFCG/Campina Grande-PB

4 - Pós-doutorado na Universidade de Coimbra, professor IFRN/Pau dos Ferros -RN

Palavras-chave:

Eugenia gracillima Kiaersk
formulação
polpa diluída

RESUMO

A maltodextrina é uma substância de baixo custo e apresenta grande disponibilidade comercial. Para que os equipamentos industriais (como secadores por aspersão) tenham funcionamento confiável e seguro, requer-se conhecimento detalhado do comportamento de fluxo do material a ser escoado. Diante disso, o conhecimento das curvas de fluxos de polpas de frutas e de polpas adicionadas de agentes carreadores é útil no controle de qualidade, controle de processo, cálculo da energia utilizada e seleção do equipamento adequado. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o comportamento reológico da formulação elaborada com polpa de murta integral, adicionada de água e 30% de maltodextrina (DE 14). A polpa integral, a polpa diluída e a formulação foram analisadas quanto ao seu comportamento reológico na temperatura de 25°C, usando o viscosímetro Brookfield. Concluiu-se que os modelos testados podem ser utilizados na predição dos dados, com destaque para o modelo de Sisko e o Mizrahi-Berk. A polpa integral, a polpa diluída e a formulação são fluidos pseudoplásticos; a viscosidade aparente diminuiu significativamente com a incorporação da água à polpa assim como da maltodextrina. A adição da maltodextrina proporciona o aumento da viscosidade aparente da formulação quando comparada à polpa diluída.

Keywords:

formulation
Eugenia gracillima Kiaersk
diluted pulp

RHEOLOGICAL BEHAVIOR MURTA'S PULP WITH MALTODEXTRIN**ABSTRACT**

Maltodextrin is a widely used substance because it is inexpensive and commercially available. It is required a detailed knowledge about the flow behavior of the material to be drained, so that the industrial equipments (such as spray dryers) will have a reliable and safe work. Therefore, the knowledge about flow curves of fruit pulps and pulps added with carrier agents is useful in quality and process control, calculation of the energy used and selection of the suitable equipment. The aim of this work was evaluating the rheological behavior of the formulation elaborated with whole myrtle pulp, water and 30% of maltodextrin (DE 14). The whole and diluted pulps and the formulation were analyzed in regarding to their rheological behavior at 25 °C using the Brookfield viscometer. It was concluded that the models tested can be used in the data's prediction, especially the Sisko Mizrahi-Berk models. The whole and diluted pulps and the Formulation are pseudoplastic fluids; the apparent viscosity decreased significantly with the incorporation of the water into the pulp as well as the maltodextrin. The addition of the maltodextrin provides increase in the apparent viscosity of the formulation when compared to the diluted pulp.

INTRODUÇÃO

A murta (*Eugenia gracillima* Kiaersk.) é uma frutífera nativa da Chapada do Araripe, PE, que apresenta potencial antioxidante por conter fenólicos totais, antocianinas e flavonoides, além disso, seu aproveitamento tem sido de forma extrativista. Sabe-se que o seu fruto pode ser consumido in natura ou processado como polpa. Ele também é de grande valor socioeconômico para a região, porém a falta de conhecimento técnico impede a domesticação da espécie e o processamento da murta poderá contribuir com o desenvolvimento de sua cadeia produtiva (ARAÚJO *et al.*, 2016). E o Brasil é um mercado bastante promissor na produção de sucos de frutas microencapsulados em secadores por aspersão (spray dryer), em razão de sua grande diversidade de frutas produzidas (SOUZA *et al.*, 2015).

Para viabilizar o processo de secagem, a maltodextrina tem sido amplamente adicionada à polpa, antes de ser submetida ao processo de secagem (TONON *et al.*, 2009). E para que se obtenha sucesso no processo de secagem, é interessante e necessário conhecer a influência que a adição dos adjuvantes exercerá nas formulações elaboradas. As características individuais dos materiais a serem secos podem influenciar diretamente nos processos de secagem e nas condições de processamento a que são submetidas, tais como bombeamento, transferência de calor, evaporação, secagem, pulverização, etc.

As propriedades reológicas das formulações elaboradas são de fundamental importância para a modelagem do processo de secagem, uma vez que estas propriedades podem determinar o comportamento do fluxo, que deve ser conhecido para o projeto do sistema de alimentação, bem como, para a compreensão da distribuição de material dentro do secador (CABRAL *et al.*, 2007).

O estudo do comportamento reológico consiste em aplicar uma força na amostra a ser investigada e medir sua deformação ou aplicar uma deformação e medir sua resistência ao escoamento. O desconhecimento de dados poderá levar as indústrias a aplicarem, no processamento desses produtos, condições semelhantes às utilizadas para sucos integrais, o que poderá acarretar em erros no

desenvolvimento do produto e do processo (SILVA *et al.*, 2013).

Na literatura praticamente inexistem informações sobre o efeito da adição dos adjuvantes de secagem às polpas de frutas, especialmente a maltodextrina que é um dos aditivos mais utilizados em secadores por aspersão. Diante disso, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da adição de maltodextrina no comportamento reológico da polpa de murta.

MATERIAL E MÉTODOS

A matéria-prima utilizada neste trabalho foram frutos de murta (*Eugenia gracillima* Kiaersk) oriundos da Serra dos Paus Dóias, Chapada do Araripe - PE, município de Exu, PE. Os frutos utilizados se encontravam em estágio de maturação 4, de acordo com a classificação de Araujo *et al.* (2016), que são frutos com coloração das cascas totalmente vermelho escuro. Os frutos foram selecionados manualmente, de forma a eliminar os que apresentavam danos físicos, aspecto de podridão ou em outro estágio de maturação. A seguir, as frutas foram submetidas a uma lavagem e sanitização (solução de hipoclorito de sódio com concentração de 50 ppm) durante 15 minutos e, por fim, enxaguados em água corrente. Após escorrer a água do enxágue em peneiras, os frutos foram despulpados em despulpadeira mecânica e a polpa integral embalada em sacos de polietileno de baixa densidade e armazenada em freezer a $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, até sua utilização nos experimentos.

Para a avaliação do comportamento reológico, foram utilizados três tipos de amostras: a polpa de murta integral; a polpa de murta diluída (adicionada de água 1:1) e a formulação que era composta de polpa de murta integral adicionada de água destilada (1:1) e após homogeneizar esta mistura, adicionava-se 30% de maltodextrina (MOR-REX[®]) com dextrose equivalente igual a 14 e homogeneizava-se novamente em liquidificador. Por não existir relatos de estudos da polpa de murta, foram realizados testes no spray dryer até obter o percentual que efetivamente fosse eficiente para a secagem da polpa estudada, resultando no percentual de 30% de maltodextrina.

Para a realização das medidas de viscosidades aparentes, tensão de cisalhamento e taxa de deformação da polpa de murta integral, polpa diluída e da formulação, foi utilizado o viscosímetro Brookfield (modelo DV-II+Pro) na temperatura de 25°C. Para isso, amostras individuais foram colocadas no porta-amostra, o qual era acoplado a um banho termostático para controle da temperatura. Para a realização das leituras (viscosidade, tensão de cisalhamento e taxa de deformação) da polpa de murta integral e da polpa diluída, utilizou-se o *spindle* de número 28, em diferentes velocidades de rotação (70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180 e 200 rpm). Para a formulação, o *spindle* utilizado foi o de número 21, nas mesmas velocidades de rotação.

Os modelos reológicos de Sisko (Equação 1), Lei da potência (Equação 2) e Falguera-Ibarz (Equação 3) foram ajustados às curvas da viscosidade aparente em função da taxa de deformação da polpa de murta, da polpa diluída e da formulação. Os modelos reológicos de Mizrahi-Berk (Equação 4), Herschel-Bulkley (Equação 5), Casson (Equação 6) e Ostwald-de-Waele ou Lei da potência (Equação 7) foram ajustados às curvas da tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação (reogramas) das amostras, utilizando-se o programa computacional Statistica versão 7.0®, por meio de regressão não linear com o método de estimativa Quase-Newton.

$$\eta_a = \eta_\infty + K_s \dot{\gamma}^{(n_s - 1)} \quad (1)$$

$$\eta_a = K \dot{\gamma}^{(n-1)} \quad (2)$$

$$\eta_a = \eta_\infty + (\eta_0 - \eta_\infty) \dot{\gamma}^{(-k)} \quad (3)$$

$$\tau^{0,5} = K_{OM} + K_M \dot{\gamma}^n \quad (4)$$

$$\tau - \tau_{OH} = K \dot{\gamma}^n \quad (5)$$

$$\tau^{0,5} = K_{OC} + K_C \dot{\gamma}^{0,5} \quad (6)$$

$$\tau = K \dot{\gamma}^n \quad (7)$$

em que,

η_a = viscosidade aparente (Pa s);

η_∞ = viscosidade à taxa de cisalhamento infinita (Pa s);

K_s, K = índice de consistência (Pa s);

$\dot{\gamma}$ = taxa de deformação (s⁻¹);

n_s, n = índice de comportamento do fluido (adimensional);

η_0 = viscosidade aparente estática (Pa s);

k = índice de comportamento do fluido (adimensional);

τ = tensão de cisalhamento (Pa);

n = índice de comportamento do fluido (adimensional);

K_{OM} = raiz quadrada da tensão inicial (Pa);

τ_{OH} = tensão de cisalhamento inicial (Pa);

$K_{OC}^{0,5}$ = tensão de cisalhamento inicial (Pa)^{0,5}; e

K_C = viscosidade plástica de Casson (Pa s)^{0,5}.

Os critérios de determinação dos ajustes dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação (R²) e o desvio percentual médio (P), determinados de acordo com a Equação 8. Sendo considerado como um ajuste satisfatório, o modelo que apresentar alto valor de R², próximo a um (1), baixo valor de P e que a tendência de distribuição dos resíduos (DR) seja aleatória. A DR é considerada aleatória quando os resíduos se encontram próximos à faixa horizontal em torno do zero, como também não formam figuras definidas, não indicando tendenciosidade dos resultados. Se a DR é tendenciosa, o modelo é considerado inadequado (GONELI *et al.*, 2011).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{\text{exp}} - X_{\text{teor}}|}{X_{\text{exp}}} \quad (8)$$

em que,

P = desvio percentual médio (%);

X_{exp} = valores obtidos experimentalmente;

X_{teor} = valores preditos pelo modelo; e

n = número de dados experimentais

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1, tem-se os parâmetros reológicos dos modelos de Sisko, Lei da Potência e Falguera-Ibarz, ajustados aos dados experimentais da viscosidade aparente em função da taxa de deformação da polpa integral da murta, da polpa diluída e da formulação, e os coeficientes de determinação (R²), os desvios percentuais médios (P) e a tendência dos resíduos (DR).

Tabela 1. Parâmetros dos modelos reológicos, coeficiente de determinação (R^2), desvios percentuais médios (P) e a tendência dos resíduos (DR) para a polpa integral da murta, a polpa diluída e a formulação referente à temperatura de 25°C.

| Modelos | Tratamento | Parâmetros | | | R^2 | P (%) | DR |
|-----------------|----------------|-----------------|----------|---------|--------|-------|----|
| | | η_{∞} | K_s | n_s | | | |
| Sisko | Polpa integral | 172117,8 | 171748,0 | -1,7627 | 0,9979 | 1,95 | A |
| | Polpa diluída | 97,59375 | -414,929 | 0,0412 | 0,8107 | 11,10 | T |
| | Formulação | 1301,607 | 1291,722 | -0,7092 | 0,9998 | 0,35 | A |
| | Tratamento | K | n | | R^2 | P (%) | DR |
| Lei da Potência | Polpa integral | 19065,41 | -0,9207 | | 0,9908 | 4,21 | T |
| | Polpa diluída | 349,5510 | -0,6836 | | 0,8546 | 11,00 | T |
| | Formulação | 881,7414 | -0,5857 | | 0,9996 | 0,39 | T |
| | Tratamento | η_{∞} | η_0 | K | R^2 | P (%) | DR |
| Falguera-Ibarz | Polpa integral | 14840,94 | 3003,013 | 3003,01 | 0,9648 | 8,05 | T |
| | Polpa diluída | 1476,629 | 101,5010 | 0,0138 | 0,8126 | 11,17 | T |
| | Formulação | 259,5573 | 166,7717 | 0,1652 | 0,9924 | 2,14 | A |

Constata-se para os modelos testados, para a polpa integral, polpa diluída e formulação, ajustes com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,81 e desvios percentuais médios inferiores a 11%, e a DR tendenciosa e aleatória. Goneli *et al.* (2011) relataram que um modelo é considerado aceitável se os valores dos resíduos apresentarem DR aleatória. Nota-se que nenhum modelo apresentou distribuição aleatória para todos os tratamentos. Todavia, o modelo de Sisko apresentou tendência aleatória para a maioria dos tratamentos.

Muñoz *et al.* (2007) obtiveram, estudando o comportamento reológico a 20°C de dispersões de goma acácia (*Acacia tortuosa*) (15 a 40%) em água destilada, um bom ajuste ($R^2 > 0,996$) do modelo de Sisko. Rincón *et al.* (2009) também relataram que podem ser modeladas pela equação de Sisko, ao trabalharem com dispersões aquosas de goma (*C. Odorata* L.) preparadas em diferentes concentrações (10, 15, 20 e 40%) à temperatura ambiente 25°C. Para o modelo de Sisko, nota-se redução dos parâmetros η_{∞} ao comparar a polpa integral com a polpa adicionada de água e a formulação.

Verifica-se, na tabela 1, para o modelo da Lei da Potência, que o índice de consistência (K) apresentou decréscimo ao adicionar água à polpa, assim como a adição da maltodextrina. Silva-

Weiss *et al.* (2013) verificaram comportamento pseudoplástico ($n < 1$) para soluções de quitosana e quitosana-amido de milho com adição ou não do extrato de folhas de murta (*U. molinae* Turcz). Esses autores também perceberam que os parâmetros K e n foram afetados ao se adicionar o extrato de folhas de murta e apresentaram coeficiente de determinação de 0,99 para o modelo de Lei da potência.

O modelo de Falguera-Ibarz apresentou bom ajuste para a polpa integral e a formulação por apresentar $R^2 > 0,96$ e desvios percentuais médios, inferiores a 10%. Este desempenho também foi observado por Augusto *et al.* (2012) ao estudarem o suco de tomate nas temperaturas de 0 a 80°C e aplicarem o modelo de Falguera-Ibarz. Já Feitosa *et al.* (2015) relataram que, ao trabalharem com a polpa de murta integral nas temperaturas de 15, 25 e 35°C, velocidade de rotação de 20 a 200 rpm, o comportamento deste fluido pode ser bem descrito pelos modelos de Sisko, Lei da Potência e Falguera-Ibarz. Ainda no modelo de Falguera-Ibarz, os parâmetros η_{∞} , η_0 e k diminuíram ao adicionar água e maltodextrina à polpa integral da murta.

Na Figura 1, está apresentada a relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação na temperatura de 25°C para a polpa integral da murta,

a polpa diluída e a formulação com ajustes pelo modelo de Sisko.

Observa-se que a viscosidade aparente foi maior para a polpa integral e os valores experimentais estão muito próximos da curva ajustada.

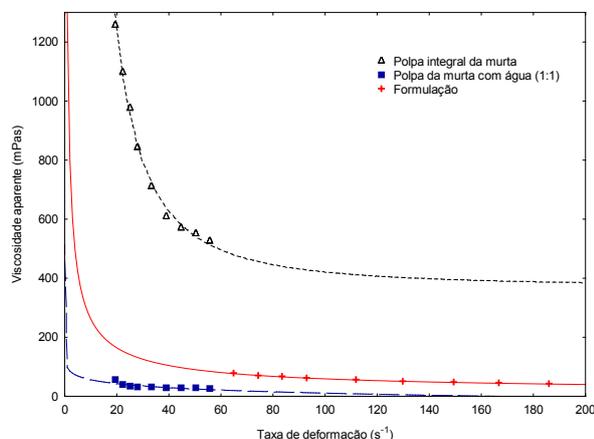


Figura 1. Relação entre a viscosidade aparente e a taxa de deformação da polpa integral da murta, da polpa diluída e a formulação, ajustada pelo modelo de Sisko.

Observa-se que ocorreu uma intensa redução na viscosidade aparente da polpa integral e uma tendência de redução para a polpa diluída e a formulação com o aumento da taxa de deformação (s⁻¹). Esta tendência também foi observada por Melo *et al.* (2008), na qual notaram que os valores da viscosidade aparente diminuíram com o aumento da taxa de deformação (s⁻¹) para a polpa de buriti com leite (1:1), nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50°C.

Comparando-se os valores da viscosidade aparente entre a polpa integral, a polpa diluída e a formulação, observa-se que a viscosidade aparente diminuiu com a incorporação da água destilada e maltodextrina em todas as taxas de deformação. Observa-se também que, ao adicionar a maltodextrina na polpa diluída, ocorreu o aumento da viscosidade aparente da formulação. Fato esperado em razão de que a adição de água reduz a viscosidade e como os principais materiais utilizados para a microencapsulação são os carboidratos, eles apresentam geralmente baixa viscosidade (DZIEZAK, 1988; GHARSALLAOUI

et al., 2007). A viscosidade da formulação é um fator importante a ser considerado, em razão da mesma interferir na formação de gotas esféricas. Sendo assim, quanto mais baixa a viscosidade da formulação, menos energia ou menor pressão são aplicadas e melhor é para a formação adequada das gotículas durante a secagem por aspersão (OLIVEIRA & PETROVICK, 2010). A redução acentuada da viscosidade aparente facilita o escoamento do suco e a troca de calor durante o processamento (VIDAL *et al.*, 2006). Além disso, sabe-se que quanto menor a viscosidade do fluido, menor é a perda de carga durante o escoamento, diminuindo os custos de potência com bombeamento e, conseqüentemente, os custos energéticos.

Na tabela 2, são apresentados os parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson para a polpa integral, a polpa diluída e a formulação com as leituras realizadas na temperatura de 25°C, tal como os coeficientes de determinação (R²), os desvios percentuais médios (P) e a tendência dos resíduos (DR). Verifica-se que para a polpa diluída e a formulação, todos os modelos testados apresentaram bons ajustes com coeficientes de determinação (R²) superiores a 0,98 e desvios percentuais médios inferiores a 4%.

O modelo de Mizrahi-Berk foi o que apresentou melhor ajuste, apresentando desvios percentuais de erro menores que 10%, maiores coeficientes de determinação e tendência de resíduos aleatória para todos os tratamentos. Tendência semelhante foi observada por Fernandes *et al.* (2008) ao elaborarem formulações compostas por polpa de umbu-cajá e maltodextrina nas concentrações de 0, 2,5, 5 e 7,5%, com as medidas nas temperaturas de 10 a 50°C, e obtiveram os melhores ajustes com o modelo de Mizrahi-Berk. Silva Filho *et al.* (2015) também constataram que o modelo de Mizrahi-Berk pode representar o comportamento reológico da polpa da manga Haden, por apresentar o menor P e o maior R².

No modelo de Herschel-Bulkley, é possível observar a tensão de cisalhamento inicial (t_{OH}). Constata-se que a polpa integral necessita de força

Tabela 2. Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2), desvios percentuais médios (P) e tendência dos resíduos (DR) dos modelos reológicos para a polpa integral, polpa diluída e formulação, referente à temperatura de 25°C.

| Modelos | Tratamento | Parâmetros | | | R^2 | P (%) | DR |
|--|----------------|------------|--------|--------|--------|-------|----|
| | | t_{OH} | K_H | n_H | | | |
| Herschel-Bulkley | Polpa integral | 23,4287 | 0,0000 | 5,5744 | 0,8856 | 2,15 | T |
| | Polpa diluída | -0,0943 | 0,0525 | 0,8254 | 0,9883 | 3,44 | A |
| | Formulação | 0,8576 | 0,5362 | 0,4872 | 0,9998 | 0,15 | A |
| Mizrahi-Berk | Tratamento | K_{OM} | K_M | n_M | R^2 | P (%) | DR |
| | Polpa integral | 4,8482 | 0,0000 | 6,2034 | 0,9389 | 1,05 | A |
| | Polpa diluída | 0,0536 | 0,1579 | 0,4860 | 0,9937 | 1,68 | A |
| | Formulação | 0,6464 | 0,4841 | 0,2833 | 0,9998 | 0,07 | A |
| Casson | Tratamento | K_{OC} | K_C | R^2 | P (%) | DR | |
| | Polpa integral | 4,2388 | 0,1228 | 0,5111 | 2,26 | T | |
| | Polpa diluída | 0,0779 | 0,1460 | 0,9874 | 1,68 | A | |
| | Formulação | 1,4435 | 0,0982 | 0,9989 | 0,19 | A | |
| Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) | Tratamento | K | n | R^2 | P (%) | DR | |
| | Polpa integral | 15,0156 | 0,1394 | 0,4675 | 4,75 | T | |
| | Polpa diluída | 0,0346 | 0,9130 | 0,9882 | 3,40 | T | |
| | Formulação | 0,8557 | 0,4201 | 0,9997 | 0,19 | A | |

maior para que o líquido flua quando comparada à formulação elaborada; a mesma apresentou uma tensão reduzida, porém representativa. Produtos constituídos por uma dispersão de material insolúvel em solução aquosa (soro, açúcares, minerais, proteínas e polissacarídeos solúveis) requerem uma tensão maior, caracterizando os materiais como multifásicos (SUN & GUNASEKARAN, 2009).

Analisando o modelo Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), verifica-se que os valores de n (índices de comportamento de escoamento ou índice de comportamento do fluido) apresentaram valores inferiores a 1, indicando que a polpa integral, polpa diluída e a formulação são fluidos não newtonianos com tendência pseudoplástica. Vários estudos têm mostrado que grande parte das polpas de frutas se comportam como fluido pseudoplástico ($n < 1$) (AHMED *et al.*, 2005). Essa característica é fortemente influenciada pelas complexas interações entre os açúcares solúveis, substâncias pécticas e sólidos suspensos. Fernandes *et al.* (2009) trabalharam com a polpa de maracujá adicionada de sacarose (0, 10 e 20%) e pectina (0,

0,5 e 1,0%), e observaram tendência de fluido não-newtoniano e pseudoplástico. Tonon *et al.* (2008) caracterizaram como fluido pseudoplástico a mistura de polpa filtrada de açaí com maltodextrina (DE-10), com valores de n inferiores a 1 (0,909 a 0,961) para todas as concentrações de maltodextrina (10 a 30%).

Verifica-se que os índices de consistência do modelo da Lei da potência, K , apresentaram elevados valores para a polpa da murta integral, indicando que se trata de um fluido de elevada consistência. O índice de consistência (K) indica o grau de resistência do fluido diante do escoamento (MACHADO, 2002).

Na figura 2, está apresentada a relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação na temperatura de 25°C para a polpa da murta integral, polpa da murta diluída e formulação, com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk. Esta tendência também foi observada para as polpas de noni integral e concentradas, cujos ajustes foram $R^2 \geq 0,8219$, $X^2 \leq 0,1569$ e $P \leq 2,26\%$, para o modelo de Mizrahi & Berk (SOUSA *et al.*, 2017).

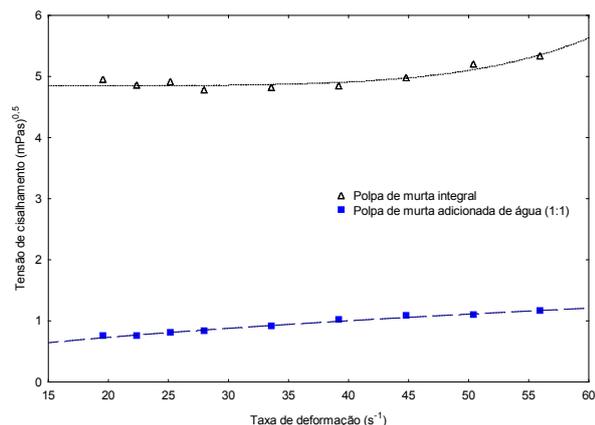


Figura A

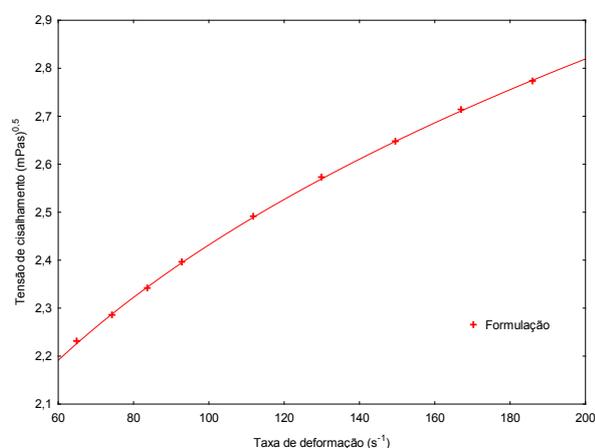


Figura B

Figura 2. Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa da murta integral e polpa diluída (Figura A) e da formulação (Figura B), com ajuste pelo modelo de Mizrahi-Berk.

CONCLUSÕES

- Os modelos testados podem ser utilizados na predição dos dados, com destaque para o modelo de Sisko e o Mizrahi-Berk.
- A polpa integral, a polpa diluída e a formulação são fluidos pseudoplásticos.
- A viscosidade aparente diminuiu significativamente com a incorporação da água à polpa, assim como da maltodextrina.
- A adição da maltodextrina ocasiona o aumento da viscosidade aparente da formulação, quando comparada à polpa diluída.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão de bolsa para o primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED, J.; RAMASWAMY, H.S.; HIREMATH, N. The effect of high pressure treatment on rheological characteristics and colour of mango pulp. **Journal of Food Science and Technology**, Karnataka, v.40, n.8, p.885-895, 2005.

ARAUJO, D.R.; LUCENA, E.M.P.; GOMES, J.P.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; SILVA, C.P. Characterization of ripening stages of myrtle fruit. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.38, n.2, e-712, jun. 2016.

AUGUSTO, P.E.D.; FALGUERA, V.; CRISTIANINI, M.; IBARZ, ALBERT. Rheological behavior of tomato juice: steady-state shear and time-dependent modeling. **Food and Bioprocess Technology**, Dublin, v.5, n.5, p.1715-1723, 2012.

CABRAL, R.A.F.; TELIS-ROMERO, J.; TELIS, V.R.N.; GABAS, A.L.; FINZER, J.R.D. Effect of apparent viscosity on fluidized bed drying process parameters of guava pulp. **Journal of Food Engineering**, Davis, v.80, n.4, p.1096-1106, 2007.

DZIEZAK, J.D. Microencapsulation and encapsulated ingredients. **Food Technology**, Chicago, v.42, n.4, p.136-151, 1988.

FEITOSA, R.M., FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; SOUZA, E.P.; SILVA, V.M. Viscosidade aparente da polpa de murta integral em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.28, n.4, p.235-243, 2015.

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 umbu cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.2, p.171-180, 2008.

FERNANDES, T.N.; RIBEIRO, F.C.R.; LEMOS,

- F.S.; PRADO, M.E.T.; RESENDE, J.V.; BELCHIOR, N.C. Comportamento reológico, parâmetros físico-químicos e dinâmica do congelamento da polpa de maracujá adicionada de sacarose e pectina. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, VII BMCFB, 2009.
- GHARSALLAOUI, A.; ROUDART, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International**, Campinas, v.40, n.9, p.1107-1121, 2007.
- Goneli, A.L.D.; Corrêa, P.C.; Magalhães, F.E.A.; Baptestini, F.M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v.33, p.1-8, 2011.
- MACHADO, J.C. **Reologia e escoamento de fluido**: ênfase na indústria do petróleo. 1 ed. Rio de Janeiro: Interciência/Petrobrás, 2002. 257p.
- MELO, K.S.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M. Comportamento reológico da polpa de buriti com leite. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, São Cristóvão, v.8, n.2, p.197-206, 2008
- MUÑOZ, J.; RINCÓN, F.; ALFARO, M.C.; ZAPATA, I.; FUENTE, J.L.; BELTRÁN, O.; PINTO, G.L. Rheological properties and surface tension of Acacia tortuosa gum exudate aqueous dispersions. **Carbohydrate Polymers**, Worcester, v.70, n.2, p.198-205, 2007.
- OLIVEIRA, O.W.; PETROVICK, P.R. Secagem por aspersão (spray drying) de extratos vegetais: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, Curitiba, v.20, n.4, p.641-650, 2010.
- RINCÓN, F.; MUÑOZ, J.; PINTO, G.L.; ALFARO, M.C.; CALERO, N. Rheological properties of Cedrela odorata gum exudate aqueous dispersions. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v.23, n.3, p.1031-1037, 2009.
- SILVA FILHO, E.D.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; BRASILEIRO, J.L.O. Variáveis físicas, químicas e reológicas da polpa integral da manga cv.haden. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v.23 n.5, p.397-405, 2015.
- SILVA, L.M.R.; MAIA, G.A.; SOUSA, P.H.M.; AFONSO, M.R.A.; GONZAGA, M.L.C.; CARMO, J.S. Efeito da temperatura no comportamento reológico de néctares mistos de caju, manga e acerola. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, Curitiba, v.11, Supl.1, p.S85-S93, 2013
- SILVA-WEISS, A.; BIFANI, V.; IHL, M.; SOBRAL, P.J.A.; GÓMEZ-GUILLÉN, M.C. Structural properties of films and rheology of film-forming solutions based on chitosan and chitosan-starch blend enriched with murta leaf extract. **Food Hydrocolloids**, Wrexham, v.31, p.458-466, 2013.
- SOUSA, S.F.; QUEIROZ, A.J.M.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; SILVA, F.B. Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.20, e2016067, 2017.
- SOUZA, A.L.R.; RODRIGUES, F.M.; SILVA, G.V.; SANTOS, R.R. Microencapsulação de sucos e polpas de frutas por spray drying: uma revisão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.3, p.327-338, 2015.
- SUN, A.; GUNASEKARAN, S. Yield stress in foods: measurements and applications. **International Journal of Food Properties**, Mascate, v.12, n.1, p.70-101, 2009.
- TONON, R.V.; BARONI, A.F.; BRABET, C.; GILBERT, O.; PALLET, D.; HUBINGUER, M. D. Water sorption and glass transition temperature of spray dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice. **Journal of Food Engineering**, Davis, v.94, n.3-4, p.215-221, 2009.
- TONON, R.V.; BRABET, C.; HUBINGER, M.D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, Davis, v.88, n.3, p.411-418, 2008.
- 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. **Ciências Agrotecnicas**, Lavras, v.30, n.5, p.955-960, 2006.