



MEDIDAS EXPERIMENTAIS E MODELAGEM DA VISCOSIDADE DE SOLUÇÕES MODELO E SUCOS DE FRUTAS

Mariana S. Spirito, Roberta Ceriani, Eduardo A. C. Batista*

EXTRAE, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

Agência financiadora: CNPq/PIBIC

Palavras-chave: sucos de frutas - viscosidade - densidade

E-mails: eacbat@fea.unicamp.br



Introdução

- Sucos de frutas tropicais têm alcançado grande interesse comercial no mundo;
- Propriedades físicas de sucos de frutas são de grande utilidade tanto em pesquisa quanto na esfera industrial;
- Ácidos policarboxílicos e açúcares constituem as principais substâncias solúveis em sucos de frutas;
- O conhecimento da composição de sucos, do seu comportamento reológico, das suas propriedades termofísicas, entre outras características, tornam-se imprescindíveis para o projeto adequado da linha de produção;
- O objetivo do presente trabalho foi a modelagem da viscosidade cinemática de soluções aquosas binárias de frutose que, juntamente com os parâmetros obtidos da modelagem do projeto anterior (SPIRITO, 2007), puderam ser usados para a predição de soluções modelo e sucos de frutas.

Metodologia

Preparo das soluções

- Determinação da quantidade de água dos solutos por titulação Karl Fischer;
- Preparo das soluções água/frutose e soluções modelo multicomponentes de suco de laranja (água/ácido cítrico e málico, frutose, glicose e sacarose) por gravimetria.

Cálculo das densidades

- Densidades calculadas por regressão linear ou medidas experimentalmente (Densímetro DMA 58);
- Densidades fornecidas ao viscosímetro como dados de entrada.

Equipamento

Os experimentos foram realizados em um viscosímetro de esfera descendente AMV-200 (Anton Paar), conforme mostrado na Figura 1.



Figura 1. Banho termostático, viscosímetro e software KVS

Determinação de viscosidade

- Prévia calibração do viscosímetro;
- Amostras colocadas no capilar do viscosímetro para uma termo-estabilização via conexão a um banho termostático;
- Determinação da viscosidade cinemática a partir da medida do tempo de queda de uma esfera metálica colocada no interior do capilar, para temperaturas de 20 °C a 90 °C, sob diferentes ângulos de inclinação e repetições.

Análise e tratamento dos dados

- Dados experimentais de viscosidade das soluções aquosas binárias de frutose e de soluções modelo, compuseram bancos de dados em função da temperatura e composição/°Brix;
- Ajuste dos parâmetros da equação de Kumar, $v_{rel} = \frac{1}{\rho_{rel}} \left[\frac{Bw}{1-Hw} \right]$ usando o software SAS (SAS Inst. Inc., USA);
- Cálculo da viscosidade cinemática das soluções multicomponentes $v_{rel} = \frac{1}{\rho_{rel}} \left[\frac{\sum B_i w_i}{1 - \sum H_i w_i} \right]$
- Construção de gráficos de viscosidade em função da temperatura com os resultados experimentais e da literatura, juntamente com os valores calculados pela equação de Kumar.

Resultados e Discussões

Ajuste dos parâmetros

• Obtenção dos parâmetros B (coeficiente de interação soluto-solvente) e H (número de moléculas do solvente solvatando o soluto), ambos função da temperatura;

• Os parâmetros ajustados no projeto anterior (SPIRITO, 2007) e nesse são apresentados na Tabela 1 a seguir, bem como os desvios médios relativos para cada mistura binária água(1)/soluto(2) entre os valores experimentais e calculados pela equação de Kumar, onde w é a fração mássica do soluto e v_{rel} e $prel$ são as razões das viscosidades cinemáticas e densidades entre solução e os valores correspondentes da água, respectivamente. A dependência dos parâmetros B e H em relação à temperatura é dada pelas equações abaixo:

$$B = B_{ref} + B_1(T - T_{ref}) \quad H = H_{ref} + H_1(T - T_{ref})$$

onde T_{ref} é a temperatura de referência (298,15 K).

Tabela 1. Parâmetros da equação de Kumar

Soluto	T _{ref} (K)	B _{ref}	B ₁ (K ⁻¹)	H _{ref}	H ₁ (K ⁻¹)	δ (%)
sacarose	298,15	39,423	-0,0103	16,134	0,00634	12,07
glicose	298,15	34,454	-0,022	16,197	0,00276	8,16
frutose	298,15	30,336	-0,0029	15,839	-0,0068	7,17
ácido cítrico	298,15	29,552	-0,0109	15,382	0,00322	4,03
ácido málico	298,15	21,536	-0,0067	14,818	0,00329	4,19

Dados de viscosidade

As Figuras 2 e 3 apresentam os dados de viscosidade das soluções aquosas de frutose e das soluções modelo, respectivamente. Os pontos representam os dados experimentais, enquanto as linhas, os valores calculados pela equação de Kumar ajustada.

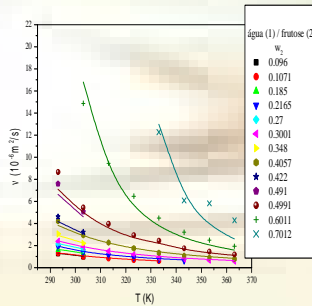


Figura 2. Viscosidade das soluções aquosas de frutose

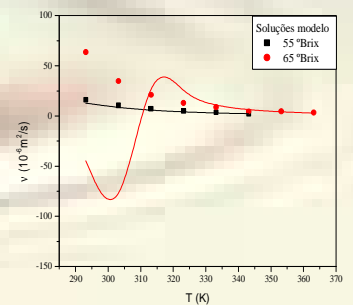


Figura 3. Viscosidade das soluções modelo

Conclusões

- Os resultados apresentaram um comportamento assintótico decrescente com o aumento da temperatura e, para uma mesma temperatura com o aumento da fração mássica do soluto, houve um aumento de viscosidade;
- O desvio médio relativo entre os valores experimentais e calculados para a solução aquosa de frutose apresentou valor menor em relação ao obtido no projeto anterior (SPIRITO, 2007);
- Os desvios médios relativos entre as viscosidades experimentais e preditas para as soluções modelo mostraram-se relativamente satisfatórios para menores valores de viscosidade.

Agradecimentos



PROCESSO Nº: 05/53095-2, PIBIC

