

EFFECTO DE LA TEMPERATURA Y CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SOLUBLES EN LA VISCOSIDAD DE SOLUCIONES DE SACAROSA.

Salvador Rojas-Cazares, Virginia A. Delgado-Reyes¹ y L. Patricia Martínez-Padilla.

RESUMEN.

En el presente estudio se analizó el efecto de la temperatura (5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C, 55 °C y 65 °C) y la concentración de sólidos solubles (35 °Bx, 45 °Bx, 55 °Bx y 65 °Bx), sobre la viscosidad de soluciones de sacarosa, determinada en un reómetro de cilindros concéntricos. En todas las muestras la viscosidad decrece con el aumento de la temperatura y aumenta con la concentración de sólidos solubles. En la concentración de 35 °Bx el efecto de la temperatura es menos significativo, y para las temperaturas de 55 °C y 65 °C no hay ningún efecto. El efecto de la temperatura en la viscosidad se relaciono con una ecuación tipo Arrhenius. Donde la energía de activación presenta una relación directa con la concentración de sólidos solubles, encontrándose en un intervalo de 19.15 KJ/ gmol. a 43.34 KJ/ gmol.

INTRODUCCIÓN.

El efecto de la temperatura en la concentración de sólidos solubles de productos derivados de fruta, ha sido objeto de numerosos estudios y revisiones en los últimos años [1, 3, 5-7]. Debido a las grandes diferencias que existen en la composición y estructura de estos productos, no se ha establecido alguna relación entre la energía de activación (E_a) y la concentración de sólidos solubles (°Bx). Resultados en suspensiones vegetales [5] y jugo de manzana clarificado [3] y jugo de manzana [1] muestran una relación directa entre la energía de activación y la concentración de sólidos solubles, sin embargo en jugo de guayaba se reporta una relación inversa [7].

¹ Laboratorio de Propiedades Reológicas y Funcionales en Alimentos. FES Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. Avenida 1 de Mayo s/n Campo 1, C. P. 54740. Cuautitlán Izcalli, Edo. de México
Tel. y Fax (5) 6-23-20-26. E-Mail. vdr1881@Yahoo.com.mx

Por ello el objetivo de esta investigación es estudiar el efecto de la temperatura y la concentración de sólidos solubles sobre la viscosidad de soluciones de sacarosa para determinar la relación entre la concentración de sólidos solubles y la energía de activación.

MATERIALES Y METODOS.

Preparación de la muestra.

Se elaboraron soluciones con sacarosa comercial a 35 °Bx, 45 °Bx, 55 °Bx y 65 °Bx. Se analizaron a las temperaturas de 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C, 55 °C y 65 °C.

La medición de los grados Brix se realizó en un refractómetro ABBE de Erma Tokio No. 16571 marca Milton Roy Company, utilizando la técnica descrita por Lees, [4].

Estudio de flujo bajo cizalla rotacional.

Se realizó en un reómetro de cilindros concéntricos marca Haake modelo RT 20, utilizando la geometría Z40 DIN (53019) y DG41 DIN (54453). Se determinó una curva de flujo de ascenso-descenso (1 a 500 s⁻¹), cada ensayo se efectuó por duplicado con una variación de temperatura de ± 0.5 °C.

El efecto de la temperatura en la viscosidad se determinó utilizando la relación de Arrhenius, ecuación 1:

$$\ln \eta = \left(\frac{Ea}{RT} \right) + \ln \eta_{\infty} \quad 1$$

Al ajustar los valores del $\ln \eta$ en función del inverso de la temperatura $1/T$ se obtiene una línea recta, a partir de cuya pendiente es posible obtener el valor de la energía de activación, mientras que de la ordenada al origen se obtiene la constante η_{∞} que es la viscosidad a una temperatura infinita [2].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En todos los casos, las muestras presentaron un comportamiento newtoniano e independiente del tiempo (la curva de ascenso y descenso coinciden). Donde la viscosidad decrece con el aumento de la temperatura a la misma concentración de sólidos solubles (Figura 1.). Esto se puede atribuir a que el aumento de la temperatura provoca una disminución del grado de interacción entre las moléculas, incrementando el espacio intermolecular [3].

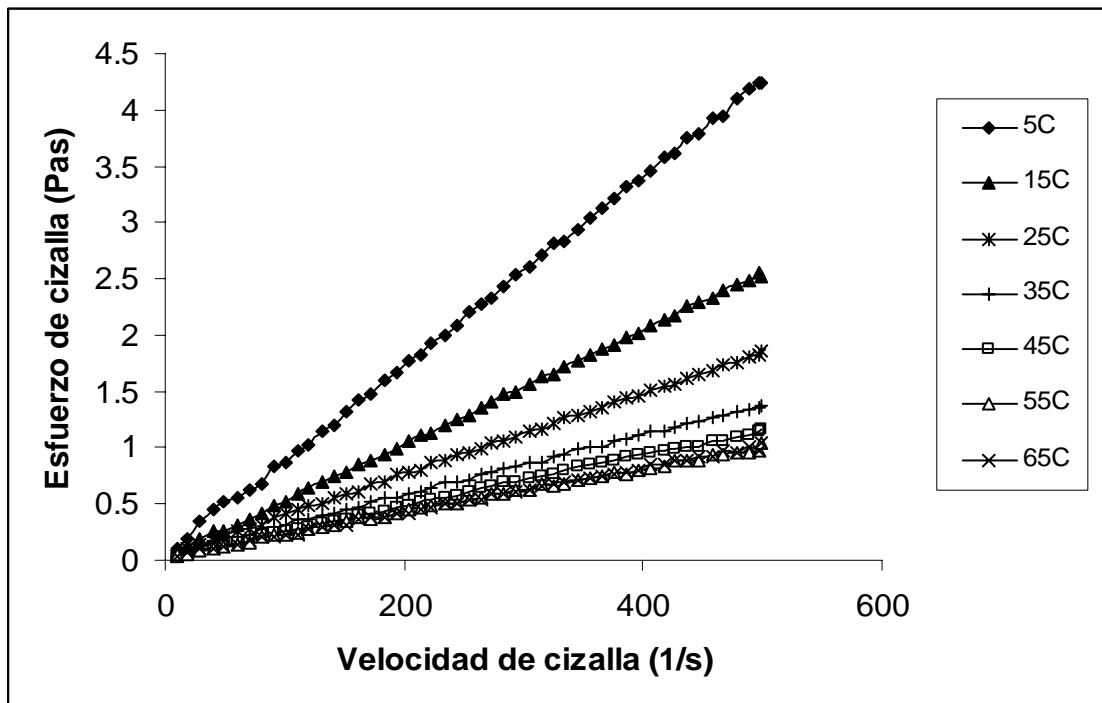


FIGURA 1. Esfuerzo de cizalla en función a la velocidad de cizalla para la concentración de sólidos solubles de 35 °Bx a las temperaturas de 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C, 55 °C y 65 °C.

En la Tabla 1 Se presentan los valores obtenidos de viscosidad para las diferentes concentraciones de sólidos solubles a las temperaturas estudiadas. Observamos que la viscosidad aumenta con el incremento de la concentración de sólidos solubles, debido a que al aumentar la concentración de soluto hay mayor interacción soluto-agua y esto provoca restricción en el

movimiento de partículas [3, 6]. Asimismo, el efecto de la temperatura es menos importante en la concentración de 35 °Bx, y para las temperaturas de 55 °C y 65 °C no hay ningún efecto. Estos resultados demuestran que el contenido de sólidos solubles definen la influencia de la temperatura en el comportamiento reológico como lo propone Cepeda et al. [1].

TABLA 1. Viscosidad para las soluciones de sacarosa a 35 °Bx, 45 °Bx, 55 °Bx y 65 °Bx a las temperaturas de 5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C, 55 °C y 65 °C.

T (°C)	35 °Bx	45 °Bx	55 °Bx	65 °Bx
	η (Pas)	η (Pas)	η (Pas)	η (Pas)
5	0.0082	0.0165	0.0388	0.6275
15	0.0051	0.0114	0.0238	0.2958
25	0.0036	0.0075	0.0155	0.1435
35	0.0027	0.0059	0.0094	0.0845
45	0.0023	0.0047	0.0069	0.0498
55	0.0019	0.0044	0.0057	0.0305
65	0.0019	0.0028	0.0041	0.0238

Los parámetros del modelo de Arrhenius, energía de activación (E_a), factor de frecuencia (η_∞) y el coeficiente de determinación (r^2) se presentan en la Tabla 2. Los valores del coeficiente de determinación obtenidos demuestran que hay una relación lineal entre el $\ln \eta$ (Pa s) y $1/T$ (K). Por otra parte los valores altos de energía de activación indican que la viscosidad de las soluciones de sacarosa son muy sensible a la temperatura. Asimismo, los valores de energía de activación aumentan con el aumento de la concentración de sólidos solubles.

TABLA 2. Parámetros del modelo de Arrhenius para la concentración de sólidos solubles de 35 °Bx, 45 °Bx, 55 °Bx y 65 °Bx.

Concentración (°Bx)	E_a (KJ/gmol)	η_∞ (Pas)	r^2
35	19.15	1.79×10^{-6}	0.9927
45	21.59	1.36×10^{-6}	0.9916
55	29.15	1.22×10^{-7}	0.9783
65	43.34	4.06×10^{-9}	0.9439

CONCLUSIONES.

La concentración de sólidos solubles define el efecto de la temperatura.

En el intervalo de temperaturas (5 °C, 15 °C, 25 °C, 35 °C, 45 °C, 55 °C y 65 °C) y concentración de sólidos solubles estudiado (35 °Bx, 45 °Bx, 55 °Bx y 65 °Bx), la energía de activación tiene una relación directa con la concentración de sólidos solubles como algunos estudios lo han determinado [1, 3, 5].

REFERENCIAS.

1. Cepeda, E. and Villarán, M. C. Density and viscosity of *Malus floribunda* juice as a function of concentration and temperature. *J. Food Eng.* 41, 103, 1999
2. Chang, Yi-H. and Hartel, R. W. Flow properties of freeze-concentrated skim milk. *J. Food Eng.* 31, 375, 1997
3. Constenla, D. T., Lozano, J. E. and Crapiste, G. H. Thermophysical properties of clarified apple juice as a function of concentration and temperature. *J. Food Sci.* 54, 663, 1989
4. Lees, R. Análisis de los alimentos: métodos analíticos y de control de calidad. Acribia. España. 165, 1985
5. Rao, M. A. Predicting the flow properties of food suspensions of plant origin. *Food Technol.* 41, 85, 1987
6. Vitali, A. A. and Rao, M. A. Flow properties of low-pulp concentrated orange juice: Effect of temperature and concentration. *J. Food Sci.* 49, 882, 1984b
7. Zainal, B. S. et al. Effects of temperature on the physical properties of pink guava juice at two different concentration. *J. Food Eng.* 43, 55, 2000.