

PROPIEDADES REOLÓGICAS DE PULPA DE MANGO ENVASADA ASÉPTICAMENTE

Roger de Hombre-Morgado y Gloria Panadés-Ambrosio*
Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria,
Carretera al Guatao km 3½. La Habana 19200. Cuba
E-mail: dehombre@iia.edu.cu

RESUMEN

Se determinaron las propiedades de flujo de la pulpa de mango elaborada en una fábrica cubana. La pulpa concentrada (22,5 °Brix) se evaluó mediante un reoviscosímetro Haake Rotovisko RV20 completamente computarizado para obtener las curvas de flujo y el modelo reológico de mejor ajuste. Se calculó además la energía de activación en el intervalo de 30 a 80 °C. El producto es de tipo pseudoplástico y la Ley de Potencia es un modelo adecuado para describir su comportamiento de flujo. El valor del índice consistencia fue de 8,20 Pa.sⁿ y del índice de comportamiento de flujo de 0,32, mientras que la energía de activación fue de 2,08 kcal/mol°K.

Palabras clave: pulpa de mango, propiedades reológicas, curvas de flujo, energía de activación, índice de consistencia, tixotropía.

ABSTRACT

Rheological properties of aseptically packaged mango pulp
Flow properties of a concentrated mango pulp (22.5 °Brix) were evaluated using a Haake Rotovisko RV20 rheoviscometer in order to obtain the flow curves and the best fitted rheological model. It was also calculated the activation energy in the temperature range from 30 to 80 °C. The result shows that the product could be described as a pseudoplastic fluid. The value for the consistency index was 8.20 Pa.sⁿ and for the flow behaviour index was 0.32. The calculate activation energy was 2.08 kcal/mol°K

Keywords: mango pulp, rheological properties, flow curves, consistency index, activation energy, tixotropy.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las propiedades reológicas de las pulpas de frutas tiene gran importancia ya que son fundamentales para el cálculo y diseño del equipamiento tecnológico, la evaluación de los procesos industriales y el control de la calidad y aceptación del producto por el consumidor.

En relación con la determinación de las propiedades de flujo de las pulpas tropicales, se han publicado varios artículos (1 - 4). Un breve análisis de estos trabajos indica que en todos los casos la naturaleza reológica de estos productos es del tipo pseudoplástica, cuyo comportamiento se describe matemáticamente por la Ley de Potencia ($\sigma = K\gamma^n$), donde σ representa el esfuerzo de cizalla, K es el índice de consistencia, γ es la velocidad de deformación y "n" es el índice de comportamiento de flujo.

***Roger de Hombre-Morgado:** Licenciado químico (Universidad de La Habana, 1971). Investigador Titular del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. Doctor en Ciencias Técnicas (ISPJAE, 1984). Profesor Titular adjunto de la Universidad de La Habana y el ISPJAE. Especialista en Reología y Textura de Alimentos. Ha desarrollado trabajos de investigación en el campo del control de la calidad, desarrollo de nuevos productos, implementación de técnicas para la industria y uso de gomas y estabilizantes.

Estudios realizados con pulpa de guayaba (5) han corroborado los datos de la literatura acerca del ajuste que presentan los datos a este modelo reológico. Otros artículos han presentado los datos de las constantes reológicas para pulpa de mango de diferentes contenidos de sólidos solubles, así por ejemplo, en un trabajo realizado con diferentes variedades de mangos guatemaltecos se ofrecen resultados del índice de consistencia comprendido entre 27,6 y 9,7 Pa.sⁿ y para el índice de comportamiento de flujo en el intervalo de 0,31 a 0,26 (2). Por su parte, se han reportado resultados de "K" de 2,3 Pa.sⁿ y n = 0,33 para un puré de mango de bajo contenido de sólidos solubles (9,3 °Brix) (6).

Acercas de las características tixotrópicas de estos productos existe muy poca información. Por lo general se considera que este efecto es prácticamente despreciable y no ofrece grandes influencias en el comportamiento de flujo del material. Este tipo de producto por ser estructuralmente una dispersión acuosa de la pulpa del fruto en una solución azucarada, tiene la propiedad de recuperar, en un elevado porcentaje, su estado original una vez que cesan los esfuerzos aplicados. El contenido de pulpa así como la forma y tamaño de esas partículas suspendidas, son las que provocan que la naturaleza reológica del producto sea del tipo pseudoplástica.

En el presente trabajo se determinaron las propiedades de flujo de la pulpa de mango concentrada elaborada en una fábrica cubana de la provincia de Sancti-Spíritus.

MATERIALES Y METODOS

Se procesó una mezcla de las variedades: Corazón, Minin y Hayden recolectadas en Junio, época del pico de cosecha del fruto. El proceso de obtención se realizó de la siguiente forma: el mango se prelavó por inmersión, pre enjuagó por duchas, lavó en agua turbulenta y enjuagó con chorros de agua a presión. Seguidamente se seleccionó, despulpó, donde se eliminaron las semillas y cáscaras, se calentó para su inactivación enzimática, se refinó a dos diámetros de malla de 1,0 y 0,7 mm y concentró. El proceso de concentración se efectuó a vacío en una sola fase hasta alcanzar alrededor de 22 a 24 °Brix. El concentrado se esterilizó, enfrió y envasó asepticamente en flujo continuo en bolsas de 200 L. Finalmente se almacenó a temperatura ambiente hasta su comercialización.

Para realizar el estudio reológico se tomaron 5 kg de la pulpa concentrada de mango (22,5 °Bx) y se analizaron mediante un reoviscosímetro Haake Rotovisco Modelo RV 20. Este instrumento ofrece las curvas de flujo y el modelo de mejor ajuste mediante un software acoplado al mismo. Para obtener las curvas de flujo y evaluar la tixotropía, se utilizó el sistema de medición MV de cilindros concéntricos, realizándose un barrido completo de velocidades de deformación ascendente y descendente desde 0 a 500 s⁻¹ a 25 °C.

Para calcular la energía de activación para flujo viscoso, se llevó a efecto un barrido ascendente en el mismo intervalo de velocidades de deformaciones a las temperaturas de 30, 40, 50, 60, 70 y 80 °C y se calculó la viscosidad aparente a la velocidad de deformación de 200 s⁻¹. Los datos de viscosidad (η_{ap}) vs. temperatura se ajustaron al modelo de Arrhenius ($\eta_{ap} = A \exp(E_a/RT)$) para determinar la energía de activación (E_a).

RESULTADOS Y DISCUSION

La Fig. 1 presenta las curvas de flujos ascendente y descendente. La curva ascendente se hace cóncava hacia arriba siguiendo una trayectoria al inicio algo irregular (debido al acomodo que realiza el producto al efecto de cizalla y a la inercia) para posteriormente continuar el ascenso del esfuerzo, menos pronunciado, ha medida que se incrementa la velocidad de rotación.

El modelo de mejor ajuste correspondió a la Ley de Potencia siendo el valor del coeficiente de correlación casi perfecto ($R^2 = 0,98$) por lo que se corrobora que este tipo de producto es de naturaleza pseudoplástica. Los parámetros de regresión calculados obtuvieron los siguientes resultados: $K = 8,20$ Pa.sⁿ y $n = 0,32$, este

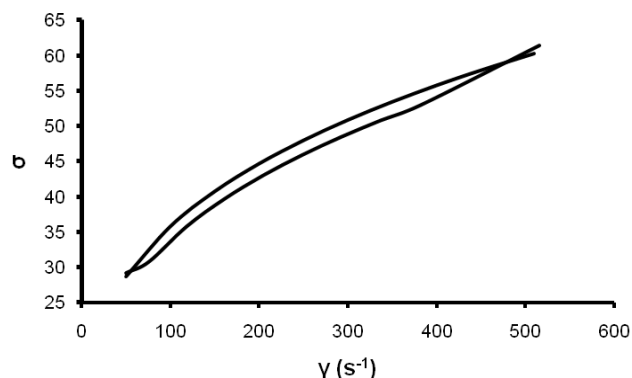


Fig. 1. Curva de flujo para el concentrado de mango.

último expresa que el carácter pseudoplástico es muy pronunciado. Si se comparan con otros reportados (2), el valor de K se encuentra algo por debajo del límite inferior del intervalo que obtuvo este autor para diferentes variedades, mientras que el valor de "n" se encuentra muy cercano al informado. Esto indiscutiblemente se debe a las diferencias en composición y estructura de la pulpa que pueden existir entre las variedades de mango utilizadas en ambos estudios así como a la presencia de otros componentes típicos del producto. Sin embargo, en relación a otro trabajo publicado (6), los resultados de "K" son muy superiores y se deben fundamentalmente a la gran diferencia que existen entre los contenidos de sólidos solubles que existen entre ambos productos (22,5 vs. 9,3 °Brix).

Los resultados obtenidos en este caso son comparables con otros trabajos para diferentes frutas: puré de albaricoque: $K = 9,0 \text{ Pa.s}^n$ (7) y puré de plátano: $K = 10,7 \text{ Pa.s}^n$ (8). Para pulpa de guayaba de diferentes variedades y con tratamientos diversos de homogeneización se obtuvieron resultados de "K" entre 1,8 y 8,6 Pa.s^n (5).

En cuanto a las características tixotrópicas de la pulpa de mango ensayada, en la propia Fig. 1 se muestra el lazo de histéresis obtenido durante la medición viscosimétrica cuando el producto se somete a velocidades de deformación ascendentes y descendentes. Las diferencias entre ambas se aprecian mejor en la zona de velocidades de cizalla entre 100 y 400 s^{-1} . De cualquier forma y según los criterios de algunos autores (9), las diferencias entre ambas en dicha zona, son prácticamente despreciables. Esto significa que el producto no es del tipo reodestructivo y que una vez que cesa el esfuerzo deformante aplicado, puede recuperarse la estructura en gran medida.

REFERENCIAS

- 1.- Rao, M.A.; Otoy Palomino, L.N. y Berhardt, L.W. J. Food Sci. 39: 160-166, 1974.
- 2.- García, R.; Rivera, J. y Rolz, C. Rheological properties of some tropical fruit products and their enzymes clarification. Proc. IV Int. Congress Food Sci. & Technology, Vol II, 5, pp. 425-432, 1974.
- 3.- Brekke, D.R.; Myers, A.L. y de Aquino, C.R.M. J. Food Sci. 43: (1): 273- 279, 1978.
- 4.- Lakshminarayana, R.; Eipeson, W.E.; Srinivasa, R.; Potwar, M. y Ramanathan, P.K. J. Food Sci. Technol.: 22 (1): 30-38, 1985.
- 5.- De Hombre, R. Rheological properties of guava pulp. 23 International Congress Fruit Processors, La Habana, 2000.
- 6.- Rao, M.A. y Bown, M. L. J. Food Sci. 42: 261-268, 1977.
- 7.- Holdworth, G.O. J. Texture Studies. 5: 425-434, 1971.
- 8.- Charm, S.E. Food Research 25: 351-370, 1960.
- 9.- Costell, E. y Durán, L. Rev. Agroquímica y Tecnología de Alimentos. 18 (4): 470-484, 1978.
- 10.- Saravacos, R. J. Food Sci. 35: 122-138, 1970.

El estudio realizado para analizar la influencia del incremento de temperatura (de 30 a 80 °C) en la viscosidad aparente (calculada a 200 s^{-1}), se muestra en la Tabla 1. El ajuste de la expresión de Arrhenius arrojó que $R^2 = 0,83$, lo cual es significativo para $p \leq 0,05$. El cálculo de la energía de activación para flujo viscoso fue de 2,08 kcal/mol°K, que coincide con otros trabajos para productos similares (5, 10).

Tabla 1. Variación de la viscosidad aparente con la temperatura

Temperatura (°C)	Viscosidad (mPa.s)
30	243,7
40	229,7
50	216,0
60	191,2
70	154,0
80	110,4

CONCLUSIONES

La pulpa de mango concentrada tiene propiedades reológicas que corresponden a un fluido de tipo pseudoplástico y la Ley de Potencia es un modelo adecuado para describir su comportamiento de flujo

El valor del índice de consistencia fue de 8,20 Pa.s^n y del índice de comportamiento de flujo de 0,32 a 25 °C. El valor de la energía de activación en el intervalo de temperatura de 30 a 80 °C fue de 2,08 kcal/mol°K.

El producto tiene un carácter tixotrópico muy débil por lo que no es reodestructivo y puede recuperarse su estructura original una vez que cesa el esfuerzo deformante aplicado.