

Rev. Cienc. Tecnol.

Año 12 / Nº 13 / 2010 / 30–35

Viscosidad y densidad de jugo de uva (Isabella) para aplicaciones de procesos

Viscosity and density of grape juice (Isabella) for process applications

María M. Brousse, María A. Martos, Nancy Cruz

Resumen

La densidad y la viscosidad de jugo de uva se midieron a cuatro temperaturas en un rango entre 303 a 333 °K y cinco concentraciones entre 2 y 12,5 °Brix. La viscosidad fue determinada mediante un viscosímetro capilar tipo Ostwald. La densidad fue determinada por picnometría. La densidad y la viscosidad disminuyeron cuando se incrementó la temperatura y con la disminución de la concentración, para el rango de temperatura y concentración estudiado. La temperatura no influyó significativamente ($p > 0,05$) sobre la densidad, sin embargo existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) con la concentración. La temperatura y la concentración influyen significativamente ($p < 0,05$) sobre la viscosidad. La densidad del jugo varió linealmente con la concentración ($r^2 = 0,99$). El valor de la viscosidad se correlacionó con la temperatura y la concentración mediante modelos usuales. La Energía de Activación varió entre 6,2 a 7,99 kJ/mol.

Palabras clave: Viscosidad, Densidad, Jugo de uva.

Abstract

The density and viscosity of grape juice were measured at four temperatures in the range of 303 to 333 °K and five concentrations between 2 and 12,5 °Brix. The viscosity was determined using an Ostwald type capillary viscometer. Density was determined using a pycnometer. The density and viscosity decreased when temperature increased and when concentration decreased for the temperature and concentration in the range studied. The temperature did not have significant influence ($p > 0,05$) on the density, however there were great differences ($p < 0,05$) with concentration. The viscosity was significantly influenced by temperature and concentration ($p < 0,05$). The density of the juice varied linearly with concentration ($r^2 = 0,99$). The value of viscosity was correlated with temperature and concentration by usual models. The value of the activation energy ranged between 6.2 and 7.99 kJ/mol.

Key words: Viscosity, Density, Grape juice.

Introducción

Jugos concentrados de uvas son usados extensivamente en la industria. Su empleo es en jugos, jaleas, mermeladas, bebidas, etc. Esto genera un mercado con una demanda creciente porque ellos son productos naturales con una versatilidad industrial que les permite competir con otros zumos de fruta. [1].

En los jugos las propiedades físicas, como la densidad, la viscosidad, el índice de refracción, la elevación de punto de ebullición y el calor específico son afectados por su contenido sólido y su temperatura.

Los componentes de alimentos sólidos principales de jugos de uvas son azúcares (sobre todo la glucosa y fructosa) y su concentración afectan directamente la densidad, la viscosidad y el índice de refracción.

La viscosidad y la densidad y su variación con la concentración y la temperatura son muy importantes para

la industria de alimentos y para derivados de fruta en particular, ya que es necesario para el diseño y la optimización de varias elaboraciones (p.ej., de bombeo, la evaporación, la filtración de la membrana, etc.) [2]. Un conocimiento de propiedades térmicas es necesario para el diseño eficaz de equipos de la industria alimenticia, sobretodo en aquellos que requiere de bombeo del producto. [3].

La viscosidad de los productos es necesaria para determinar las tasas de transferencia de calor, el consumo de energía con el incremento de la concentración, y para controlar la temperatura y los caudales para asegurar el flujo continuo del producto. [4].

El efecto de temperatura sobre la densidad a una concentración constante y el efecto de la concentración sobre la densidad en temperaturas especificadas han sido estudiados por [5–9] para varios zumos de fruta. Aguado e Ibarz (1988) [5] indicaron que una Ecuación lineal ajusta muy bien en la variación de densidad con la temperatura

en una concentración fija, y que un polinomio de orden 2 describe bien la variación de densidad con la temperatura y la concentración.

Un correcto diseño de plantas de pasteurización y condiciones del proceso de pasteurización de los jugos de frutas requieren de modelos matemáticos que representen condiciones de funcionamiento y propiedades físicas como el coeficiente de consistencia, viscosidad, índice del comportamiento del flujo, densidad, capacidad específica de calor y conductividad térmica. [6].

Según Becker y Fricke, 1999 y McMinn y Magee, 1998, [10, 11] modelos aplicados para predecir propiedades termofísicas de alimentos son eficaces con modelos sacados de bases teóricas. Ya que la composición química y la temperatura pueden afectar las propiedades termo físicas de productos de alimentación, estas variables son comúnmente tenidas en cuenta para desarrollar las funciones matemáticas antedichas. [10–14].

Muchos autores han estudiado a los jugos de uvas, pero la mayoría de ello fue en el jugo previamente clarificado como Barbieri y Rossi, 1980, [15] y Di Leo, 1988, [16]. La información existente sobre los jugos de uvas no clarificados es escasa [1].

Por ello, los objetivos del trabajo presente son:

1. Determinar la variación de la densidad y la viscosidad de jugo de uvas de la Provincia de Misiones de la variedad *Isabella*, con la concentración de sólidos solubles y con la temperatura.
2. Determinar la Energía de Activación para cada concentración estudiada.
3. Sacar ecuaciones predictivas para las propiedades estudiadas de jugo de uvas, como funciones de concentración de sólidos solubles y de la temperatura.

Materiales y métodos

Obtención de la muestra

El jugo se realizó con uvas seleccionadas de la variedad *Isabella* de productores de la Provincia de Misiones.

Las uvas se lavaron, seleccionaron y despalillaron manualmente y se colocaron en un equipo para extraer el jugo de las uvas, que consta de un compartimiento inferior que contiene agua calentada con un mechero. Por efecto del vapor caliente comienzan las uvas a eliminar su jugo que caen por gravedad a otro compartimiento inferior.

Estos jugos se recogieron en botellas de 1 litro, herméticamente selladas y tratadas térmicamente para evitar la fermentación.

Las botellas se mantienen a temperatura de heladera (5 °C) hasta los estudios.

Preparación de las diferentes concentraciones de los jugos y determinación de la densidad, viscosidad y de los índices de refracción

Las muestras a diferentes concentraciones de sólidos solubles de los jugos utilizados, se realizaron por dilución del más concentrado. Se determinaron los sólidos solubles en el jugo obtenido y se realizaron diferentes diluciones para las concentraciones de ensayo.

La determinación de la densidad se realizó por picnometría. Se utilizó una balanza analítica (precisión $\pm 10^{-4}$ g) para el registro del peso del agua y luego de los jugos. Previo a las pesadas, el picnómetro se sumergió en baño de agua termostático por 30 minutos.

La determinación de la viscosidad se realizó con un viscosímetro capilar tipo Ostwald.

Las determinaciones de densidad y viscosidad se realizaron a cuatro temperaturas en un rango entre 303 a 333 °K con una variación de 10 °K entre temperaturas y a las concentraciones de 2; 4,5; 7,5; 9 y 12,5 °BRIX.

Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

Análisis de datos

Los valores experimentales de densidad y viscosidad, en función de las temperaturas y las concentraciones se evaluaron mediante ANOVA para determinar si existían diferencias significativas en el rango estudiado. Se ajustaron diferentes modelos propuestos por la bibliografía.

Los valores de la constante de las diferentes ecuaciones se obtuvieron a partir de los datos experimentales mediante correlación no lineal con el software estadístico Statgraphics Plus (1989).

Los valores de densidades y de índices de refracción se correlacionaron con la concentración (grados Brix), utilizando regresión lineal.

Se determinaron los valores de la viscosidad a las diferentes temperaturas, se obtuvo el flujo de la energía de activación para cada concentración estudiada y se calcularon utilizando la Ecuación de Arrhenius. [17, 18, 19, 20].

$$\eta = \eta_{\infty} \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (1)$$

Donde η es la viscosidad (mPa.s), η_{∞} es un factor pre-exponencial, E_a es la energía de activación (kJoul/mol), R es la constante de los gases, T es la temperatura absoluta (°K). La Ecuación (2) puede ser expresada en la forma logarítmica como:

$$\ln \eta = \ln \eta_{\infty} - \frac{E_a}{R} \frac{1}{T} \quad (2)$$

Ecuación de una recta si se representa $\ln \eta$ vs $1/T$ con pendiente $-E_a/R$, a partir de la pendiente se puede obtener la energía de activación para cada concentración.

La influencia de la concentración sobre E_a , se correlaciona mediante los modelos representados por las ecuaciones:

$$E_a = aC^b \quad (3)$$

$$E_a = ae^{bC} \quad (4)$$

$$E_a = aC + bC^2 \quad (5)$$

$$E_a = a + bC + dC^2 \quad (6)$$

Donde C es la concentración (°Brix), y a, b y d son constantes de los modelos, con su error standart.

Para la variación de la viscosidad con la temperatura y la concentración de jugo de frutas, Cepeda y Villarán, 1999, [21] dieron un modelo exponencial simple.

$$\eta = \exp(a + b/T + C * x) \quad (7)$$

Esta relación también fue usada por Juszcak y Fortuna, 2004, [22] para jugo de cereza y ambos propusieron otro modelo combinado de viscosidad en dependencia de la temperatura y la concentración, que es la misma que utiliza Giner, 1996, [23].

$$\eta = \eta_1 C^{D_1} \exp(E_a / RT) \quad (8)$$

Otra de las ecuaciones dadas por Giner, 1996, (23) es la siguiente:

$$\eta = \eta_1 \exp(D_1 * C + E_a / RT) \quad (9)$$

Para obtener una Ecuación de predicción para la viscosidad en función de la concentración de sólidos solubles y la temperatura para los jugos de uvas (variedad *Isabelle*) se ajustaron los datos experimentales a las ecuaciones predictivas (7, 8, 9) dadas por Ginner, 1999, [23].

Donde a, b, η_1 y D_1 son constantes de los modelos y C es la concentración (°Brix) y T es la temperatura (°K).

La bondad del ajuste de los diferentes modelos fue evaluada mediante los siguientes parámetros de error RMSE, MBE y error porcentual.

$$RMSE_{(raiz\ cuadrada\ del\ error\ medio\ cuadrático)} = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (c_{cal} - c_{exp})^2}{n} \right]^{0.5} \quad (10)$$

$$MBE_{(error\ de\ desvío\ medio)} = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{cal} - c_{exp})}{n} \quad (11)$$

$$Error\% = \frac{\sum_{i=1}^n (c_{cal} - c_{exp})}{n} * 100 \quad (12)$$

Resultados

Densidad como una función de la concentración y la temperatura

Los datos experimentales obtenidos para la densidad del jugo de uva a las diferentes concentraciones y temperaturas, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Densidades del jugo de uva a las diferentes concentraciones y temperaturas.

Concentración (°Brix)	2	4,5	7,5	9	12,5
Temperatura (°K)	Densidad (Kg/m³)				
303	1013,7 ± 83,22	1024,7 ± 36,13	1034,6 ± 2,70	1045,8 ± 59,34	1057,4 ± 0,04
313	1013,4 ± 1,47	1024,4 ± 14,93	1033,2 ± 3,01	1044,3 ± 2,34	1056,9 ± 0,29
323	1012,9 ± 1,13	1023,1 ± 2,08	1032,6 ± 3,04	1044,1 ± 1,61	1056,1 ± 0,68
333	1012,6 ± 1,82	1022,6 ± 1,84	1032,3 ± 3,94	1043,8 ± 2,33	1055,3 ± 0,45

Los valores obtenidos son similares a los reportados por [24–29].

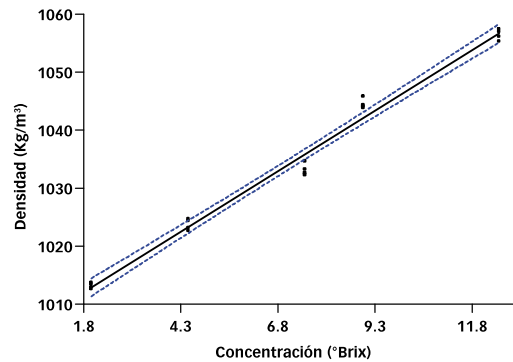


Figura 1. Variación de la densidad del jugo de uva con la concentración.

Un ANOVA aplicado sobre los valores experimentales de la densidad en función de la temperatura y de la concentración indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) con la concentración, siendo no significativa con la temperatura ($p > 0,05$), dentro del rango de estudio.

Los datos experimentales de densidad del jugos de uva en función de la concentración se ajustaron a una Ecuación lineal que presenta un $R^2 = 0,99$.

Viscosidad como una función de la concentración y la temperatura

Los datos experimentales obtenidos para la viscosidad del jugo de uva a las diferentes concentraciones y temperaturas, se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Viscosidad del jugo de uva a las diferentes concentraciones y temperaturas.

Concentración (°Brix)	2	4,5	7,5	9	12,5
Temperatura (°K)	VISCOSIDAD (cp = mPa.s)				
303	4330,9 ± 465,1	5043,7 ± 241,8	5401,3 ± 249,7	6303,2 ± 526,7	7859,9 ± 151,4
313	3986,2 ± 150,0	4985,4 ± 200,6	5062,7 ± 440,2	6231 ± 530,6	6482,6 ± 842,5
323	3680,4 ± 141,6	4365,3 ± 138,2	4818,8 ± 142,7	5464,1 ± 307,8	6477,6 ± 396,6
333	3375,3 ± 140,7	3954,3 ± 149,9	4130,2 ± 17,4	4871,3 ± 309,8	5733,8 ± 658,4

Efecto de la temperatura sobre la viscosidad y Energía de activación en función de la concentración

La viscosidad del jugo de uva de la variedad *Isabelle* disminuyó con la temperatura. La energía de activación aumenta con el aumento de la concentración. En la Tabla 3 se presentan los valores estimados de E_a y del $\ln \eta_{\infty}$ a partir de la Ecuación 2 para cada concentración y se presentan los valores de R^2 y los errores del ajuste al modelo

Un ANOVA aplicado sobre los valores dados por el modelo de la Energía de activación en función de la concentración indica que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) dentro del rango de estudio.

Tabla 3: Efecto de la temperatura sobre la viscosidad a diferentes concentraciones.

Concentración (°Brix)	$\ln \eta_{\infty}$	E_a (kJ.mol ⁻¹)	R^2	RMSE	MBE	ERROR %
2,00	-5,628 ± 0,1895	6,92 ± 0,50	0,95	0,004	0,0003	0,04
4,50	-5,771 ± 0,3043	7,01 ± 0,80	0,88	0,032	-0,00002	0,31
7,50	-5,790 ± 0,2976	7,11 ± 0,79	0,89	0,028	-0,00004	0,30
9,50	-5,797 ± 0,3626	7,52 ± 0,96	0,86	0,032	0,0006	0,33
12,50	-5,768 ± 0,4376	7,99 ± 1,15	0,83	0,038	0,0004	0,35

En la Figura 2 se presenta la aplicación del modelo expresado por la Ecuación 2.

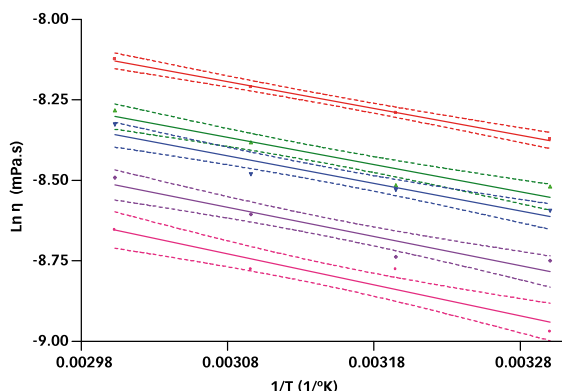


Figura 2. Variación de la viscosidad con la temperatura, de acuerdo con el modelo de Arrhenius para las concentraciones Sólidos Solubles entre 2 y 12,5 °Brix. Referencias: ■ 2 °Brix, ▲ 4,5 °Brix, ▼ 7,5 °Brix, ◆ 9 °Brix, ● 12,5 °Brix.

Los valores de E_a obtenidos varían de 6,92 a 7,99 kJ.mol⁻¹, para el rango de concentraciones de 2 a 12,5 °Brix, respectivamente. Los valores obtenidos para el jugo de

uva de la variedad *Isabelle*, de la Provincia de Misiones reportan valores de E_a inferiores a los reportados por Maggerramov, 2007 (30) para jugo de pomelo que dan valores entre 15,8 y 22,5 kJ/mol para un rango de temperatura de 293 a 363 °K y rango de concentración de 11 a 40 Brix y para jugo de pera que dan valores de E_a entre 16,7 y 22,5 kJ/mol para un rango de temperatura de 298 a 363 °K y rango de concentración de 15 a 40 Brix.

Según Zuritz, 2005 [1] para el jugo de uva clarificado en el rango de concentración de 22,9 a 70,6 °Brix y un rango de temperatura entre 293 a 353 °K la E_a varía entre 16 y 52 kJ/mol.

Los valores de este trabajo están de acuerdo a los reportados por Maskan, 1999 [32] y Nindo, 2005, [4] para jugos de arándanos y frambuesas. Los valores de E_a obtenidos son similares a los reportados por Silva, 2005, [31] para jugo de acerola, y son mayores a los reportados por Ginner, 1996, [23] para jugos clarificado de cerezas.

La variación de la energía de activación en función de la concentración se ajustó por los modelos dados por las ecuaciones 3 a 6 dando un buen ajuste en todos los casos, según los R^2 y los valores de los errores dados en la Tabla 4.

Tabla 4: Influencia de la concentración sobre la energía de activación.

Modelo	a	b	d	R^2	RMSE	MBE	ERROR %
$E_a = aC^b$	6,41 ± 0,34	0,07 ± 0,07		0,71	0,216	-0,001	2,58
$E_a = ae^{bc}$	6,59 ± 0,15	0,02 ± 0,003		0,89	0,129	-0,0004	1,43
$E_a = 1 + aC + bC^2$	1,94 ± 0,02	-0,01 ± 0,006	0,001 ± 0,0004	0,98	0,053	-0,0005	0,58
$E_a = a + bC + dC^2$	6,99 ± 0,15	-0,05 ± 0,05	0,011 ± 0,003	0,98	0,052	-0,001	0,59

Efecto combinado de la viscosidad en función de la temperatura y la concentración

Un ANOVA aplicado sobre los valores dados por el modelo de la viscosidad en función de la temperatura y de la concentración indican que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) dentro del rango de estudio.

Se presentan las ecuaciones 13, 14 y 15 de ajustes para la variación de la viscosidad como una función de la temperatura y de la concentración según ajuste por las ecuaciones 7, 8 y 9, y su error porcentual para cada una de ellas, dentro del rango estudiado.

$$\eta = \exp(5,36 + 887,6/T + 0,05 * C) \tag{13}$$

$$R^2 = 0,94 \quad E\% = 9,97$$

$$\eta = 57451,5C^{0,31} \exp(-0,07/8,314T) \tag{14}$$

$$R^2 = 0,89 \quad E\% = 5,98$$

$$\eta = 57620,4 \exp(0,051 * C - 0,073 / 8,314T) \quad (15)$$

$$R^2 = 0,94 \quad E\% = 3,94$$

Donde η es la viscosidad en $\text{cp}=\text{mPa}\cdot\text{s}$ C la concentración en $^\circ\text{Brix}$ y T la temperatura en $^\circ\text{K}$.

Conclusiones

De este estudio, se concluye que la densidad depende de la concentración, y la viscosidad es función de la concentración y de la temperatura.

Ambas propiedades físicas disminuyeron con un aumento de la temperatura, dentro del rango de estudio y la viscosidad aumenta con un aumento de $^\circ\text{Brix}$.

La obtención de una Ecuación de regresión lineal se expresa para la variación de la densidad con la temperatura.

La energía de activación varió de 6,92 a 7,99 kJ/mol para una variación de 2 a 12,5 $^\circ\text{Brix}$. Se ajustó a modelos matemáticos la variación de la viscosidad en función de temperatura y concentración y se presentan tres ecuaciones de ajuste.

Referencias bibliográficas

- Zuritz C.A., Munoz Puntos E., Mathey, H.H., Perez E.H., Gascon A., Rubio L.A., Carullo C.A., Chernikoff R.E., Cabeza M.S. Density, viscosity and coefficient of thermal expansion of clear grape juice at different soluble solid concentrations and temperatures. *Journal of Food Engineering* 71: p. 143–149. 2005.
- P. Rai P., Majumdar G.C., DasGupta S., De S. Prediction of the viscosity of clarified fruit juice using artificial neural network: a combined effect of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering* 68: p. 527–533. 2005.
- De Moura S.C., Germer S.P., Jardim D. C. y Sadahira M.S. Thermophysical properties of tropical fruit juices. *Brazilian Journal of Food Technology*. 1: p. 70–76. 1998.
- Nindo C.I., Tang J., Powers, J.R. y Singh P. Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications. *Journal of Food Engineering*. 69: p. 343–350. 2005.
- Aguado M.A. y Ibarz A. Variación de la densidad de un zumo de manzana con la temperatura y concentración. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, March. p. 209–216. 1988.
- Constenla D.T., Lozano J.E. y Crapiste G.H. Thermophysical properties of clarified apple juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Science*. 54(3): p. 663–668. 1989.
- Ibarz A. y Miguelsanz R. Variation with temperature and soluble solids concentration of the density of a depectinated and clarified pear juice. *Journal of Food Engineering*. 10: p. 319–323. 1989.
- Bayindirli L. Mathematical analysis of variation of density and viscosity of apple juice with temperature and concentration. *Journal of Food Preservation*. 16: p. 23–28. 1992.
- Bayindirli L. Density and viscosity of grape juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Preservation*. 17: p. 147–151. 1993.
- Becker B.R. y Fricke B.A. Food thermophysical property models, *International Communications in Heat and Mass Transfer* 26 (5): p. 627–636. 1999.
- McMinn W.A.M. y Magee T.R.A. Measurement and prediction of thermal properties of potatoes. In Proceedings of 11th International Drying Symposium (IDS'98) Greece, August 19–12, A (p. 747–753). 1998.
- Suk S.K. y Santi R.B. Thermophysical properties of plain yogurt as functions of moisture content. *Journal of Food Engineering* 32: p. 109–124. 1997
- Nesvadba P. y Eunson C. Moisture and temperature dependence of thermal diffusivity of cod minces. *Journal of Food Technology* 19: p. 585–587. 1984.
- Minim L.A., Coimbra J.S.R., Minim V.P.R y Telis Romero. Influence of temperature, water and fat contents on the thermophysical properties of milk. *Journal of Chemical and Engineering* 47: p. 1488–1491. 2002.
- Barbieri R. y Rossi N. Propieta` fisiche dei mosti d` uva concentrati. *Rivista de Viticol. e di Enologia*. Conegliano. 1:p. 10–18. 1980.
- Di Leo F. Caratteristiche fisico-chimiche dei mosti concentratirettificati. Valutazione glucometrica. *Vignevini*. 15(1/2): p. 43–45. 1988.
- Holdsworth S.D. Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behavior of fluid food products. *Journal of Texture Studies*. 2: p. 393–418. 1971.
- Saravacos G.D. Effect of temperature on viscosity of fruit juices and purees. *Journal of Food Science*. 35: p. 122–125. 1970.
- Ibarz A., Pagan J. y Miguelsanz R. Rheology of clarified fruit juices. I: blackcurrant juices. *Journal Food Process Engineering*. 15: p. 63–73. 1992b.
- Ibarz A., Gonzalez C. y Esplugas S. Rheology of clarified fruit juices. III: orange juices. *Journal Food Process Engineering*. 21: p. 485–494. 1994.
- Cepeda E. y Villaran M.C. Density and viscosity of Malus floribunda juice as a function of concentration and temperature. *Journal of Food Engineering*. 41:p. 103–107. 1999.
- Juszczak L. y Fortuna T. Effect of temperature and soluble solid content on the viscosity of cherry juice concentrate. *International Agrophysics*. 18: p. 17–21. 2004.
- Giner J., Ibarz A., Garza S. y Xhian Quan S. Rheology of Clarified Cherry Juices. *Journal Food Process Engineering*. 30: p. 147–154. 1996.

24. **Crandall P.G., Chen C.S. y Carter R.D.** Models for predicting viscosity of orange juice concentrate. *Food Technology*. p. 245–252. 1982.
25. **Rao M.A., Cooley, H.J. y Vitali, A.A.** Flow properties of concentrated juices at low temperatures. *Food Technol.* 38(3): p.113–119. 1984.
26. **Ibarz A., Pagan J. y Miguelsanz R.** Rheology of clarified fruit juice II: Blackcurrant juices. *Journal of Food Engineering*. 15: p. 206–216. 1992.
27. **Ibarz A. y Ortiz M.J.** Reología de zumos de melocoton. Influencia del contenido en pulpa. *Alimentacion, Equipos y Tecnologia*. p: 81–86. 1993.
28. **Lozano J.E. y Ibarz A.** Thixotropic behaviour of concentrated fruit pulps. *Lebensmittel–Wissenschaft and Technologie*. 27(1): p. 16–18. 1994.
29. **Hernandez E., Chen C.S., Johnson, J. y Carter R.D.** Viscosity changes in orange juice after ultrafiltration and evaporation. *Journal of Food Engineering*. 25(3): p. 387–396. 1995.
30. **Magerramov M.A., Abdulagatov A.I., Azizov N.D., Abdulagatov I.M.** Effect of temperature, concentration, and pressure on the viscosity of pomegranate and pear juice concentrates. *Journal of Food Engineering* 80: p. 476–489. 2007.
31. **Silva et.al.** Reología do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. *Ciênc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 25(1): p. 121–126. 2005.
32. **Maskan M.** Rheological behaviour of liquorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract. *Journal of Food Engineering*. 39: p. 389–393. 1999.
- Recibido: 09/04/10.
Aprobado: 14/06/10.
- María Marcela Brousse.¹
Ingeniera Química. Magíster en Tecnología de los alimentos. Ayudante de Primera Exclusiva. Categoría en sistema incentivo: V.
 - María Alicia Martos.¹
Ingeniera Química. Magíster en Tecnología de los alimentos. Adjunto Exclusiva. Categoría en sistema incentivo: IV.
 - Nancy Elizabeth Cruz.¹
Laboratorista Química Industrial. Auxiliar Docente de Primera Semiexclusiva. Título posgrado: Finalizando Maestría en Tecnología de los Alimentos.
1. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales. Félix de Azara 1552. Posadas, Misiones, Argentina. marcelabrousse@fceqyn.unam.edu.ar.