

Caracterización fisicoquímica y comportamiento reológico de jugo de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*)

ALATRISTE-PEREZ, Ismael*†, BELLO-LUNA, Licet, RIVERA- ARREDONDO, Victor Manuel, ALONSO-PALACIOS, Maria Esther

Recibido 23 Junio, 2017; Aceptado 20 Agosto, 2017

Resumen

En este trabajo se presenta la caracterización fisicoquímica y medición de las propiedades reológicas del jugo de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*). La materia prima fue proporcionada por un agricultor del municipio de Cuitláhuac, Veracruz, con óptimo estado de madurez. La metodología fue la siguiente: extracción de jugo de lima persa, caracterización fisicoquímica del jugo y la medición de las propiedades reológicas K [Pa s] índice de consistencia y n [-] índice de comportamiento al flujo empleando un reómetro de marca Anton Paar modelo MCR301 y ajustando el modelo matemático de ley de potencia. El valor de pH fue de 2.53 y presenta baja concentración de sólidos solubles 6.36 %, la viscosidad aparente fue 0.023 +/- 0.002 [Pa s], así mismo el modelo obtenido $\tau = 0.1544\gamma^{0.6776}$ y el ajuste de $R^2 = 0.862$.

Jugo, lima persa, reológicos

Abstract

This work presents the physicochemical characterization and measurement of the rheological properties of Persian lime juice (*Citrus Latifolia Tanaka*). The raw material was provided by a farmer of the municipality of Cuitláhuac, Veracruz, with an optimum state of maturity. The methodology was as follows; Extraction of Persian lime juice, physicochemical characterization of juice and measurement of rheological properties K [Pa s] consistency index and n [-] flow behavior index using an Anton Paar rheometer model MCR301 and adjusting the mathematical model of Law of power. The apparent viscosity was 0.023 +/- 0.002 [Pa s], likewise the obtained model $\tau = 0.1544\gamma^{0.6776}$ and the $R^2 = 0.862$ setting.

Juice, Persian lime, rheological

Citación: ALATRISTE-PEREZ, Ismael, BELLO-LUNA, Licet, RIVERA- ARREDONDO, Victor Manuel, ALONSO-PALACIOS, Maria Esther. Caracterización fisicoquímica y comportamiento reológico de jugo de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*). Revista de Simulación y Laboratorio. 2017, 4-12: 1-5

*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ismael.alatraste@utcv.edu.mx)

†Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

La lima persa (*C. latifolia Tan*), mejor conocida como limón sin semilla, es un cítrico de oblongo a ovoide con una paila terminal ancha no muy pronunciada de 3.8 a 6.6 cm de largo e incluso mayor, de color amarillo brillante al madurar, con ligeras rugosidades con 8 a 10 segmentos (Carrillo A. J. y Herrera M.M.P., 2010). Desde su incorporación a la gama de cultivos del trópico mexicano, ha mostrado ser una alternativa real para muchos productores y comerciantes de las regiones de Veracruz, Oaxaca y Tabasco (Schwentesi Rindermann, R. y Gómez Cruz, M. A., 2005).

La importancia de este cultivo radica en que se exporta el 80 % de su producción, principalmente a Estados Unidos. El estado de Veracruz ocupa el primer lugar nacional en cuanto a volumen de producción de este cultivo (Contreras-Morales, E., *et al.*, 2008)

1.2 Problema

En el municipio de Cuitlahuac no toda la lima persa es exportada, existen otros usos que se le han destinado como la venta al mercado nacional 30 %, extracción de jugo 35 % y el 35% restante se desecha, es decir, se generan residuos agroindustriales.

Debido a que se presentan temporadas con temperaturas altas y bajas, es necesario y urgente que los productores tengan nuevas alternativas de industrialización del fruto para mantener un equilibrio en la economía del productor y evitar mayores pérdidas (Carrillo A. J. y Herrera M.M.P., 2010). En este sentido, es necesario conocer las características fisicoquímicas y el comportamiento reológico del jugo de limón persa (*Citrus Latifolia Tanaka*) para proponer productos con una considerable vida de anaquel y no solo en fresco debido al costo que tiene en el mercado por no cumplir con las características de exportación necesarias.

1.3 Hipótesis

El jugo de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*) cumple con características fisicoquímicas y reológicas para su aprovechamiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Caracterizar fisicoquímicamente y evaluar el comportamiento reológico de jugo de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*) en su óptimo grado de madurez.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente el jugo de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*)
- Establecer la viscosidad que tiene el jugo de lima persa (*Citrus Latifolia Tanaka*).

2. Marco Teórico

La reología de los productos alimentarios tiene una clara y permanente tendencia a seguir en desarrollo, considerando que el conocimiento adecuado de las propiedades reológicas de los alimentos permitirá hacer manejo adecuado del procesamiento de diversas materias primas, sobre todo cuando se trata del diseño de equipos y maquinarias para su transporte. Sin embargo, esta ciencia aún es muy joven, hoy en es muy experimental y poco estudiada no obstante a pesar de que tiene poca atención, el impacto de los métodos reológicos tiene una alta aplicación en la industria agroalimentaria, exigiendo cada vez, contar con datos reológicos de materias primas diversas (Manayay D., *et al.*, 2013)

En la definición de los parámetros reológicos se toma en cuenta el flujo laminar, en el cual se considera un fluido como varias capas que se deslizan una sobre otra.

En los estudios reológicos se observa la respuesta de un material a un estrés o deformación aplicado, por lo que la reología en la fabricación de los alimentos es de fundamental importancia para comprender la manera en la cual una sustancia se mueve y se comporta para poder transportarla y/o mezclarla durante su procesamiento. De igual manera, la reología de un producto dicta mucho de la experiencia del consumidor, por ejemplo, en relación con la textura y la sensación en la boca (Bello L.J.E., *et al.*, 2014).

Un fluido es capaz de fluir debido a las fuerzas de cohesión en sus moléculas y suele deformarse cuando se somete a un esfuerzo cortante. La viscosidad es una propiedad de transporte, ya que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento a través de un medio conductivo o fluido. Se interpreta como la resistencia que ofrecen los fluidos a ser deformados cuando son sometidos a un esfuerzo (Regalado Méndez, A., & Noriega Ramos, O.A., 2008).

Los derivados de frutas abarcan una amplia gama de productos (naturales, clarificados, néctares, concentrados, cremogenados, etc.) con grandes diferencias en su estructura y composición, lo que determina que su comportamiento reológico sea muy heterogéneo y se deba recurrir a modelos matemáticos muy diversos para caracterizar su comportamiento al flujo. (Garza G.S. y Ibarz A., 1998). En las industrias alimentarias se trabaja frecuentemente con productos que se encuentran en fase líquida, por tanto es importante conocer en todo momento las características reológicas de líquidos que intervienen en los procesos industriales, por ejemplo, para poder optimizar estos procesos evitando gastos innecesarios, debido principalmente al sobredimensionamiento de los equipos (bombas, evaporadores, conductores, etc.).

Es de vital importancia definir un conjunto de modelos reológicos que representen lo más fielmente posible las características de flujo de los alimentos que trata la industria, estos modelos reológicos se basan en el cálculo experimental de una serie de constantes que caracterizan el flujo para cada alimento en las variables de operación en que se encuentra. El modelo matemático más utilizado para la caracterización reológica es el de la ley de potencia (Ec.1) debido a su gran aplicabilidad, donde se relaciona la fuerza de cizallamiento con la variación del gradiente de corte [5].

$$\tau = K \dot{\gamma}^n = [\text{Pa}] \quad (1)$$

Donde: τ [Pa] es el esfuerzo de corte y $\dot{\gamma}$ [s^{-1}] es la tasa de corte o de cizallamiento.

3. Metodología de Investigación

La lima persa fue proporcionada por un agricultor de la zona de Cuitláhuac, Veracruz., en óptimas condiciones de madurez; esta se seleccionó, pesó y lavó. Para la caracterización del jugo de lima persa se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos por triplicado, que se muestran en la Tabla 1;

No.	Determinación	Método
1	pH	NMX – F – 317 – S – 1978
2	Sólidos Solubles	NMX – F – 103 – S – 1978
3	Conductividad	NMX – F – 531 – S – 1992

Tabla 1 Caracterización fisicoquímica del jugo de lima persa

Se midieron las propiedades reológicas K y n ; para esto se utilizó un reómetro de marca Anton Paar modelo MCR301. Se trabajó en un rango de velocidad que va desde 2 s^{-1} hasta 1000 s^{-1} , utilizando una geometría de paletas rectas que es la adecuada para caracterizar fluidos con partículas en suspensión a temperatura de 25°C .

Todos estos elementos van controlados con el software Reoplus /32 versión 2.81, los resultados se obtuvieron directamente en formato informático.

4. Resultados

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados y se observan un valor bajo de pH y de sólidos solubles, Hours Roque *et al.*, 2005 muestra valores para jugo pasteurizado de jugo de naranja con un pH de 3.84 y sólidos de 11.2, por su parte Ochoa-Velasco *et al.*, 2012 caracterizó el jugo fermentado sin pasteurizar con valores de pH de 3.65 y sólidos de 7.77%;

No.	Determinación	Resultado
1	pH	2.53 ± 0.05
2	Sólidos Solubles	6.36 ± 0.152
3	Conductividad	1060.33 ± 2.51

Tabla 2 Resultados de la caracterización fisicoquímica del jugo de lima persa

En Tabla 3 se muestran las propiedades reológicas del jugo de lima persa y su viscosidad aparente, en la cual se observó un bajo índice de consistencia (k) entre 0.1544 a 0.6425 y al índice de comportamiento de flujo (n) mostró valores de 0.427 a 0.6776 por último el valor de la viscosidad presentó 0.023 +/- 0.002 [Pa s];

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Propiedades reológicas	$\tau = 0.1544\gamma^{0.6776}$ R ² = 0.862	$\tau = 0.6425\gamma^{0.427}$ R ² = 0.6021	$\tau = 0.5507\gamma^{0.482}$ R ² = 0.6905
Viscosidad Aparente	0.023	0.0221	0.0258

Tabla 3 Valores obtenidos de color y modelo reológico del jugo de lima persa

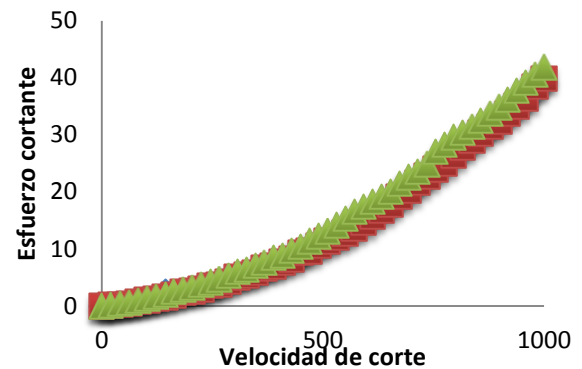


Gráfico 1 Reograma de jugo de lima persa

Los valores que se muestran en el gráfico 1 muestran valores similares en la reología del jugo de lima persa.

5. Conclusiones

Con base en la caracterización fisicoquímica del jugo de limón presenta la clasificación como baja en sólidos solubles, lo que demuestra su potencial para aprovechamiento en la industria de vinos por los valores obtenidos.

6. Referencias

Andrade Pizarro, Ricardo David, Torres Gallo, Ramiro, Montes Montes, Everaldo Joaquín, Pérez Sierra, Omar Andrés, Bustamante Vargas, Cindy Elena, & Mora Vargas, Bettyna Beatriz. (2010). Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de zapote (*Calocarpum sapota* Merr). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 33(2), 153-163.

Bello-Lara, Juan Esteban; Balois-Morales, Rosendo; Sumaya-Martínez, María Teresa; Juárez-López, Porfirio; Rodríguez-Hernández, Adriana Inés; Sánchez-Herrera, Leticia Mónica; Jiménez-Ruíz, Edgar Iván; (2014). Extracción y caracterización reológica de almidón y pectina en frutos de plátano 'Pera' (*Musa ABB*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Mayo-Junio, 1501-1507.

Carrillo, J.A. y M.P. Herrera Morales. "Características de productores y criterios de venta de lima persa de la región centro del estado de Veracruz". *Revista Universo de la Tecnológica*. 3 (8). Pp. 23 – 26. 2011.

Contreras-Morales, E., Almaguer-Vargas, G., Espinoza-Espinoza, J. R., Maldonado-Torres, R., & Álvarez-Sánchez, E.. (2008). Distribución radical de árboles de limón persa (*Citrus latifolia* Tan.). *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(2), 223-234.

Damián Manayay Sánchez, Williams Castillo Martínez, Soledad Quezada Berru, Leniín Palacios Ambrocio, SLR (2013). Caracterización del comportamiento del flujo de pulpa simple y concentrado de manzana (*pyrus malus* L.) variedad San Antonio. *Escuela de Ingeniería Agroindustrial*, 3, 47-51.

Garza G.S., R., y A.Ibarz (1998). Comportamiento reológico del cremogenado de melocoton. *Braz. J. Food Technol.* 1 (1-2). Pp. 12-24.

Hours, Roque A.; Ferreyra, María M.; Schvab, María del C.; Gerard, Liliana M.; Zapata, Luz M.; Davies, Cristina V.; (2005). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de jugos de naranja destinados a vinificación. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, noviembre, 319-239.

Ochoa-Velasco, Carlos Enrique; García-Vidal, Verónica; Luna-Guevara, Juan José; Luna-Guevara, María Lorena; Hernández-Carranza, Paola; Guerrero-Beltrán, José Ángel; (2012). Características antioxidantes, fisicoquímicas y microbiológicas de jugo fermentado y sin fermentar de tres variedades de pitahaya (*Hylocereus* spp). *Scientia Agropecuaria*. 279-289

Regalado Méndez, A., & Noriega Ramos, OA (2008). Comportamiento reológico de un fluido. *Ciencia y Mar*, XII, 35-42.

Schwentesius Rindermann, R., Gómez Cruz, M. A. Limón persa. Tendencias en el mercado mexicano. Editorial CIESTAAM / UACH y Banco Mundial. Primera Edición. 2005.

Torrallés, R., J. Vendruscolo y C.Vendruscolo. Reología de purê homogeneizado de Pêssego: Efeito da temperatura e concentração. *Braz. J. Food Technol.* 9 (1). Pp. 1-8. 2006.