



Efecto de la temperatura en las propiedades reológicas de la pulpa de melón (*Cucumis melo*)

Effect of temperature on the rheological properties of melon pulp (*Cucumis melo*)

Ronald Miguel Marsiglia Fuente¹, Luis Daniel Mieles Gómez², Santander Elías Lastra Ripoll³, Luis Alberto García Zapateiro⁴

Recibo: 22.08.2018 Aceptado: 04.12.2018

Marsiglia R., Mieles, L., Lastra S., García L. (2018). Efecto de la temperatura en las propiedades reológicas de la pulpa de melón (*Cucumis melo*). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 5(2), 98-107. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/24220582.1675>

Resumen

El melón (*Cucumis melo*) es un fruto de alto consumo a nivel nacional, lo que le otorga una gran importancia a su cultivo, permitiendo exportación y transformación de la materia prima, por lo cual es necesario el estudio de sus propiedades reológicas con el fin de lograr optimizar los diferentes métodos de procesamiento. El objetivo principal de esta investigación es establecer la influencia de la temperatura sobre el comportamiento reológico de la pulpa de melón, por lo cual se efectuaron curvas de flujo viscoso en estado estacionario en un rango de temperaturas que van desde los 10°C hasta los 60°C. La evaluación de las propiedades reológicas de la pulpa se analizaron de acuerdo a la variación de la temperatura. Las pruebas se llevaron a cabo mediante un Sistema de Reómetro Avanzado Modular Haake Mars 60. La pulpa de melón tuvo un comportamiento no Newtoniano del tipo pseudoplástico o reofluídificante (*shear thinning*) en todos los casos, la relación entre la viscosidad y la velocidad de deformación se ajustó al modelo de Carreau-Yasuda ($R^2 > 0,97$). El ajuste de la ecuación de Arrhenius con los datos arrojados de la viscosidad aparente de la pulpa fue adecuado con un $R^2 > 0,92$. Estos resultados describen el comportamiento de la pulpa de melón, permitiendo su uso para futuros trabajos y aplicaciones en el desarrollo de procesos de transformación de las pulpas de melón como materia prima.

Palabras clave: reología, pseudoplástico, modelo de Carreau-Yasuda, modelo de Arrhenius, viscosidad aparente, industria alimentaria, pulpas de frutas.

¹Universidad de Cartagena; rmarsigliaf@unicartagena.edu.co; Colombia

²Universidad de Cartagena; luismielesgomez@hotmail.com; Colombia

³Universidad de Cartagena; slastrar@gmail.com; Colombia

⁴Universidad de Cartagena; lgarciaz@unicartagena.edu.co; Colombia

Abstract

The melon (*Cucumis melo*) is a fruit of high consumption nationwide, which gives great importance to this crop, allowing export and transformation of raw material, which is why the study of its rheological properties with the In order to optimize the different processing methods. The main objective of this research is to establish the influence of temperature on the rheological behavior of the melon pulp, so steady state viscous flow curves were made in a range of temperatures ranging from 10°C to 60°C. The evaluation of the rheological properties of the pulp was analyzed according to the variation of temperature. The tests were carried out using a Haake Mars Modular Advanced Rheometer System 60. The melon pulp had a non-Newtonian pseudoplastic behavior (*shear thinning*) in all cases, the relationship between viscosity and the deformation speed was adjusted to the Carreau-Yasuda model ($R^2 > 0.97$). The adjustment of the Arrhenius equation with the data obtained from the apparent viscosity of the pulp was adequate with an $R^2 > 0.92$. These results describe the behavior of the melón pulp, allowing its use for future work and applications in the development of melón pulp processing processes as raw material.

Keywords: rheology, pseudoplastic, Carreau-Yasuda model, Arrhenius model, apparent viscosity, food industry, fruit pulps.

Introducción

El melón (*Cucumis melo*) es el fruto una planta de tallos rastreros, con un atrayente cultivo de la familia de las cucurbitáceas por la alta apreciación de su fruto, el cual es una baya pepónide con gran cantidad de especies (Sanseverino *et al.*, 2015). Este fruto se le atribuyen distintos orígenes como en Africa o Asia, como menciona Polanco (2012), debido a la existencia de representaciones de este fruto en tumbas egipcias, por ser considerado la obra maestra de Horus (Dios egipcio), ya que desde entonces se conocía lo provechoso que es el melón y lo comparaban con los beneficios del sol; por otro lado Sebastian, Schaefer, Telford & Renner (2010), hablan de pruebas de ADN secuencial de frutos tomados de África, Australia y Asia, que dan por sentado que el origen del melón es de procedencia asiática al igual que *Cucumis sativus*, al encontrar el ancestro más cercano a estos dos en Asia.

El melón actualmente es valorado por su característico sabor dulce y su alta proporción de agua, pero en la edad media este se recolectaba

cuando el fruto era aún joven para darle un uso similar al pepino, ya a finales de este periodo en el siglo XV se empieza a reconocer el valor del fruto por las propiedades que conocemos en el tiempo contemporáneo (París, Amar & Lev, 2012).

La proporción del fruto de melón es en su mayoría agua, se encontró que normalmente contiene un 80% de este componente, además posee beta caroteno, lo cual le confieren el color naranja, los cuales son precursores de la vitamina A y una muy buena fuente de vitaminas B, C y minerales, en especial, K, Fe, Ca, Na y Mn (Polanco, 2012); (Escalona, Alvarado, Monardes, Urbina & Martin, 2009). Naturalmente en las pulpas obtenidas de frutas se encontró básicamente una composición de sólidos en dispersión en una fase acuosa como la mayor parte de la pulpa, estas partículas son las que influyen directamente en la estabilidad y reología de los alimentos, ya sea por el tamaño, la forma, la disposición, la composición química y la concentración en la pulpa de estas partículas dispersas. Por consiguiente, esto dependerá de la naturaleza del fruto y

de los tratamientos aplicados en la obtención de la pulpa (Quintana, Granados & García-Zapateiro, 2017). Las pulpas generalmente son transportadas a través de tuberías, agitadas y mezcladas en tanques con otras materias primas, pasteurizadas y evaporadas en intercambiadores de calor y evaporadores continuos. Para que estas operaciones unitarias sean técnica y económicamente viables es importante conocer las propiedades de la pulpa (Ibarz, Garvín & Costa, 1996; Ortega, Salcedo, Arrieta & Torres, 2015). Entre estas propiedades, el comportamiento reológico es uno de los más importantes, La reología es parte fundamental en la caracterización de los alimentos, la cual se define como la ciencia encargada de estudiar los parámetros de deformación de la materia, el cual varía dependiendo del procesamiento de transformación del alimento, hasta la elaboración del producto terminado (Bourne, 2002).

Generalmente en la mayoría de los procesos u operaciones en la industria alimentaria se trabaja con fluidos (principalmente líquidos), se observó en las operaciones de concentración, pasterización, bombeo, entre otras, en donde la viscosidad y la forma en que la temperatura incide sobre el comportamiento de los alimentos, se utilizan para determinar los diferentes cambios o alteraciones moleculares que sufren los alimentos en la formulación, procesamiento, transporte, almacenamiento de estos, aparte de determinar propiedades como la calidad del producto y los cálculos, diseño de los equipos y las operaciones de flujo que se van a tener en el procesado del alimento, para alcanzar altos rendimientos en las operaciones. En el campo de los alimentos se tienen un alto número de modelos reológicos, que logran describir el comportamiento reológico y el tipo de fluido que presente la matriz (Hermida Bun, 2000; Muñoz, Rubio & Cabeza, 2012; Figueroa-Florez, Barragan-Viloria & Salcedo-Mendoza, 2017). La mayor parte de estos no cumplen con la ley de Newton de la viscosidad,

por lo que se dice que se comportan como fluidos no newtonianos. El comportamiento de estos últimos puede describirse mediante la ley de la potencia (Holdsworth, 1971) o mediante el modelo de Herschel–Bulkley, en el caso que presenten una tensión de fluencia diferente de cero (Steffe, 1996).

El objeto de esta investigación fue evaluar el comportamiento reológico de pulpa de melón y la influencia de los cambios de temperatura sobre la viscosidad del producto.

Materiales y métodos

La metodología para este trabajo se puede detallar teniendo en cuenta: (a) los materiales utilizados con sus descripciones; (b) descripción de las pruebas reológicas, siendo estos ensayos de flujo en estado estacionario y (c) análisis estadísticos.

Materiales

Los frutos de melón fueron adquiridos en una central de abastos en el mercado local de Cartagena-Colombia, los cuales presentan características de madurez comercial plena y sin evidencia de ningún daño mecánico. En el laboratorio de IFCRA de la Universidad de Cartagena, los frutos fueron pesados, lavados, cortados en mitades longitudinales y despulpados de forma manual eliminándose la epidermis y las semillas, luego se redujo el tamaño y por último se preparó con un escaldado a 65°C durante 10 minutos, se almacenó en recipientes cerrados y se colocaron en refrigeración a 4°C, basado en el acondicionamiento realizado por Andrade *et al.*, (2009a).

Evaluación reológica

Se realizaron ensayos de flujo estacionario obteniendo curvas de viscosidad a temperaturas de 10, 20, 25, 40 y 60°C de las muestras sin historia previa de cizalla, en un un Sistema de

Reómetro Avanzado Modular Haake Mars 60 usando cilindros coaxiales (Diámetro externo: 27.19mm, Diámetro interno: 25.0780mm; largo 37.620mm; Gap 5.3mm). En un rango de velocidad de cizalla comprendidas entre 0.001 y 1000 s⁻¹. En este estudio, previo a la medición, todas las muestras se dejaron en reposo durante 600s para permitir la relajación de las mismas, la temperatura de las muestras se mantuvo constante a 20±0.1°C, mediante un sistema Peltier para el control de temperatura, basado en la metodología utilizada por Quintana *et al.*, (2017).

Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante ANOVA (unidireccional) empleando el software SPSS (versión 17.0 para Windows) con el fin de determinar diferencias estadísticamente significativas (p<0,05) entre las muestras. Todas las pruebas se realizaron por triplicado.

Resultados y discusión

Luego de realizar pruebas de flujo estacionario teniendo variaciones de temperatura, se observó el cambio de la viscosidad respecto a la velocidad de deformación. En la Figura 1 se pueden observar las curvas de flujo viscoso de la pulpa de melón en función de la velocidad de cizalla, las curvas se encuentran en un rango de temperaturas de 10-60°C.

Los resultados obtenidos a diferentes temperaturas de 10, 20, 25, 40 y 60°C, muestran un comportamiento de un fluido no newtoniano, del tipo pseudoplástico o reo fluidificante (*Shear-thinning*), ya que se caracterizan por la disminución potencial de su viscosidad causada por el aumento de la velocidad de cizallamiento o corte (Ramirez Navas, 2006), siguiendo una tendencia a establecerse en un valor constante de la viscosidad a bajas velocidades de cizalla η_{∞} y a altas velocidades de cizalla η_0 (Quintana, *et al.*, 2017), este fenómeno se

debe a la cantidad y distribución de partículas como mencionan Bhandari, Singhal & Kale (2002), ya que la naturaleza de la pectina y la cantidad de partículas dispersas son determinantes en las propiedades de flujo de las pulpas. Este comportamiento pseudoplástico es explicado por la ruptura de una estructura reticular de moléculas de polisacáridos durante el cizallamiento, en consecuencia resulta una menor viscosidad al aumento de la velocidad de deformación (Díaz Ocampo, Garcia Zapateiro, Franco Gomez & Vallejo Torres, 2012.).

Asimismo, se observa en el espectro mecánico desarrollado, que la variación de la viscosidad de la pulpa de melón en relación a la temperatura no tiene una diferencia significativa, lo que permite utilizarla en diferentes procesos industriales que comprendan las variaciones de temperatura para el desarrollo de nuevos productos a partir de esta materia prima.

Resultados con un comportamiento similar se han encontrado anteriormente en los estudios de pulpa de ahuyama (*Cucurbita moschata*) (Quintana, Machacon, Marsiglia, Torregrosa & Garcia-Zapateiro, 2018), pulpa de papaya (*Carica papaya*) (Quintana *et al.*, 2017) y de hongo comestible oreja de judas (*Auricularia auricula-judae*) (Honghui *et al.*, 2016) y en purés de mango, papaya y melocotón (Guerrero & Alzamora, 1998).

Debido al comportamiento reológico presentado por la pulpa de melón, los valores dados de viscosidad frente a la velocidad de deformación se ajustaron al modelo de Carreau-Yasuda (ecuación 1) (Carreau, 1972) el cual presentó un coeficiente de correlación R² mínimo de 0,97.

$$\eta = \eta_{\infty} + (\eta_0 - \eta_{\infty})[1 + (\lambda_c \dot{\gamma})^a]^{\frac{n-1}{a}}$$

Este modelo describe los fluidos que al ser sometidos a bajas velocidades de deformación se comportan como fluidos newtonianos, cuando se someten a un aumento considerable de velocidades de deformación empieza a comportarse como un fluido no newtoniano, de tal forma que su viscosidad va disminuyendo, que se describe mediante la ley de la potencia, por otra parte, cuando empieza a alcanzar velocidades de deformación muy altas, tiende nuevamente a ser constante, de tal forma que toma un comportamiento de fluido newtoniano (Bird, Armstrong & Hassager, 1987); este modelo consta de cinco parámetros, donde η_{∞} corresponde a la viscosidad newtoniana a valores de rapidez de deformación bajos, η_0 es la viscosidad newtoniana para valores de rapidez de deformación cuando tiende a infinito, λ_c es una constante de tiempo Carreau, a es el factor de control de transición que es una constante adimensional, n corresponde al parámetro del modelo de ley de potencias.

En el caso que $n=1$, el modelo se reduce al modelo Newtoniano lineal, por ejemplo, la ecuación de Navier-Stokes. Para líquidos

fluidificantes, $n < 1$, la viscosidad disminuye con el incremento de la velocidad de deformación (Méndez-Sánchez, Pérez-Trejo & Paniagua Mercado, 2010).

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos a diferentes temperaturas de 10, 20, 25, 40 y 60°C, las curvas presentan un comportamiento de un fluido no newtoniano, del tipo pseudoplástico o reofluidificante (*Shear-thinning*), en el cual, se observa en el espectro mecánico desarrollado que la variación de la viscosidad de la pulpa de melón en relación a la temperatura no tiene una diferencia significativa, lo que permite utilizarla en diferentes procesos industriales que comprendan las variaciones de temperatura para el desarrollo de nuevos productos a partir de esta materia prima; donde las muestras en la fase inicial presentan una región de comportamiento Newtoniano η_{∞} (viscosidad constante) seguido por la disminución potencial de su viscosidad causada por el aumento de la velocidad de cizallamiento o corte (Ramirez Navas, 2006) y a altas velocidades de cizalla η_0 (Quintana, *et al.*, 2017).

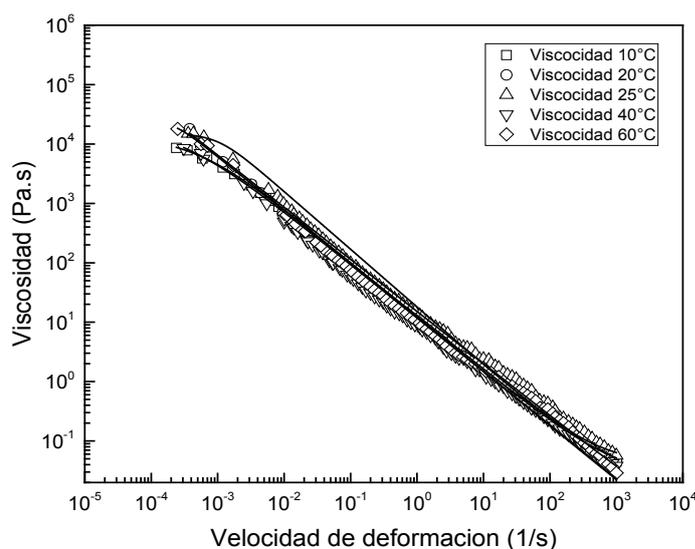


Figura 1. Curvas de flujo viscoso de la pulpa de C.melo a diferentes temperaturas (10, 20, 25, 40, 60°C) ajustado al modelo Carreau-Yasuda

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.

Parámetros reológicos del modelo de Carreau-Yasuda para la viscosidad de la pulpa de melón a diferentes velocidades de cizalla, a temperaturas de 10 - 60°C

Temp.	η_0	η_∞	λ_c	a	n	R ²
10°C	13745,73	4,30E-04	2164,56	0,9	0,085	0,997
20 °C	27147,06	0,00239	5111,16	6,96	0,122	0,972
25°C	14898,33	4,21E-02	1000,19	2,12	0,027	0,981
40°C	21211,88	1,79E-14	4096,10	0,8	0,098	0,993
60°C	24492,24	0,02581	4721,49	3,01	0,104	0,987

Fuente: Elaboracion propia

Los parámetros con los que se llevó a cabo el ajuste del modelo Carreau-Yasuda se muestran en la Tabla 1. Los resultados comprobaron el comportamiento reofluidificante de tipo “*shear-thinning*”, debido a que los valores del índice de comportamiento de flujo fueron menores a la unidad $n < 1$, para las diferentes condiciones de temperatura. La viscosidad disminuye con la velocidad de deformación, por esa razón, no se considera incremento o disminución del carácter fluidificante de las pulpas. El modelo ajusta adecuadamente el comportamiento de flujo estacionario de la pulpa de melón, con un promedio de coeficiente de correlación ($R^2=0,98$).

Teniendo en cuenta que la pulpa de melón presenta un comportamiento reológico pseudoplastico o reofluidicante que se compara a materias primas alimentarias de similares características físicas; puede ajustarse a modelos reológicos que permiten la descripción del flujo, principalmente de pulpas de frutas. Dentro de los modelos utilizados para esta caracterización se encuentra el modelo matemático de la ley de la potencia de Ostwald de Waele, ajustado a una crema de ahuyama (*Cucurbita moschata*) y ajonjolí (*Sesamum indicum*) (Castillo, Castellon, Quintana & Garcia-Zapateiro, 2016), cremogenados de ciertas frutas tropicales (Salamanca-Grosso, Osorio, Nelson & Abril, 2011), pulpa de níspero (*Achras sapota*) (Andrade *et al.*, 2009a), diferentes variedades de pulpa de guayaba (*Psidium Guajaba L.*)

(Andrade *et al.*, 2009b), entre otros. Por otra parte existen modelos que se adaptan para describir fluidos independientes del tiempo, como es el caso del modelo de Herschel-Bulkley, estudiados en los cremogenados de distintas clases de mango (*Mangifera indica L*) (Salamanca-Grosso, Díaz & Salazar, 2007).

El efecto de la temperatura sobre la viscosidad aparente de los fluidos en los alimentos (a velocidades de corte constantes) podría explicarse por la ecuación de Arrhenius (Dutta, Dutta, Raychaudhuri & Chakrab, 2006), que se expresa

$$\eta = A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right)$$

Donde A es el factor pre-exponencial y E_a la energía de activación, el cual es un parámetro que evalúa la dependencia térmica (J/mol), R es la constante de los gases (8.314 J/mol K) y T es la temperatura absoluta (K). En la cual la viscosidad aparente decrece en una función exponencial con la temperatura. La velocidad de deformación de 17 s^{-1} fue seleccionada para este caso, considerando que las operaciones de flujo en tuberías, mezclado y agitación oscilan en rangos de velocidades de cizalla de 10-1000 s^{-1} (Steffe, 1996), así mismo se observa que la pulpa de melón se ajusta correctamente mediante la ecuación de Arrhenius (2) debido a que los valores de coeficientes de correlación (R^2) fueron superiores a 0,92.

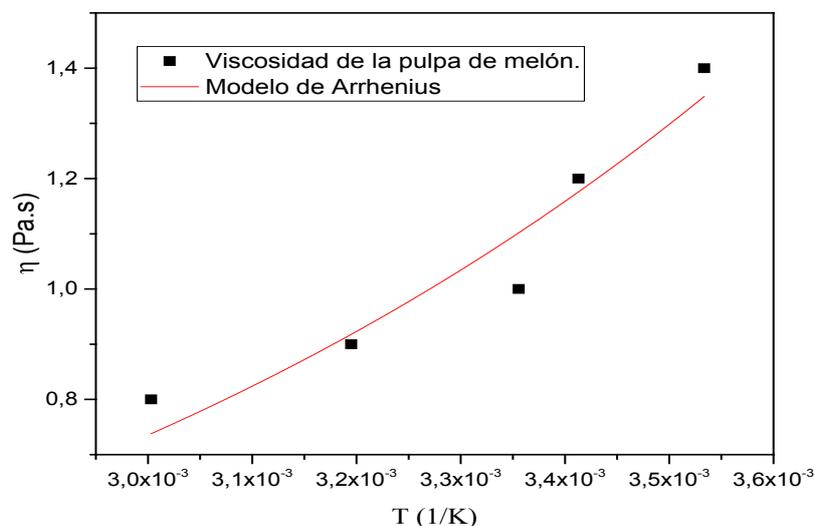


Figura 2. Variación de los valores de η obtenidos a 17 s⁻¹ en función de la temperatura y ajuste a la ecuación de Arrhenius

Fuente: Elaboración Propia

Los valores de energía de activación para la pulpa de melón en este caso ($E_a=20601\text{J/mol}$) fue superior a las reportadas en pulpa de ciruela ($E_a=15080\text{J/mol}$) (Augusto, Cristianini & Ibarz, 2012); pulpa de papaya ($E_a=10500\text{J/mol}$) (Quintana *et al.*, 2017) y pasta de tomate ($E_a=8600\text{--}13000\text{J/mol}$) (Dak, Verma & Jaaffrey, 2008). Por lo tanto, la estructura interna de la pulpa de melón es más sensible a la temperatura que las de pulpas de frutas citadas.

La energía de activación es necesaria para el movimiento de las moléculas cuando la temperatura en el líquido aumenta, disminuyen más fácilmente debido a la mayor energía de activación a altas temperaturas. En este caso, un aumento en la temperatura causa una disminución en la viscosidad de la fase líquida, aumentando el movimiento de las partículas suspendidas y causando una disminución en la viscosidad de la pulpa (Pelegrine, Silva & Gasparrato, 2002).

Conclusiones

Se determinó que la pulpa de melón (*Cucumis melo*) se comporta como un fluido no newtoniano del tipo reofluidificante (*shear thinning*), donde la viscosidad disminuyó en todas las muestras debido al aumento de la velocidad de deformación, datos que fueron ajustados adecuadamente al modelo de Carreau-Yasuda con $R^2 \approx 0,98$. se observó que no hay una dependencia significativa en cuanto a la variación de la viscosidad en el rango de temperatura estudiado, sin embargo, dentro de los datos obtenidos para el ajuste del modelo de Arrhenius se tuvo un coeficiente de correlación $R^2 \approx 0,92$. Los resultados de esta investigación impulsan el aprovechamiento de las propiedades de flujo de la pulpa melón, asimismo simular los diferentes procesos y aplicaciones a los que son sometidos para el desarrollo de nuevos productos alimenticios.

Referencias

- Andrade, R. D., Torres, R., Montes, E., Pérez, O. A., Restan, L., & Peña, R. E. (2009a). Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota L.*). *Facultad de Agronomía*, 26(4).
- Andrade, R., Ortega, F., Montes, E., Torres, R., Perez, O., Castro, M., & Gutierrez, L. (2009b). Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*psidium guajava l.*) Variedades híbrido de KLOM SALI, Puerto Rico, D14 Y RED. *Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica*, 16(1), 13-18.
- Augusto, P., Cristianini, M., & Ibarz, A. (2012). Effect of temperature on dynamic and steady-state shear rheological properties of siriguela (*Spondias purpurea L.*) pulp. *Journal of Food Engineering*, 108(2), 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.08.015>
- Bird, B., Armstrong, R., & Hassager, O. (1987). *Dynamics of Polymeric Liquids, Volume I: Fluid Mechanics* (2nd Ed.). EE.UU: John Wiley & Sons.
- Bhandari, P., Singhal, R., & Kale, D. D. (2002). Effect of succinylation on the rheological profile of starch pastes. *Carbohydrate Polymers*, 47(4), 365-371. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(01\)00215-6](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00215-6)
- Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity* (2nd Ed.). New York: Academic press.
- Carreau, P. J. (1972). Rheological equations from molecular network theories. *Transactions of the Society of Rheology*, 16(99). <https://doi.org/10.1122/1.549276>,
- Castillo, M., Castellon, Y., Quintana, S., & Garcia-Zapateiro, L. (2016). Caracterización reológica de una crema de ahuyama (*Cucurbita moschata*) y ajonjolí (*Sesamum indicum*). *Agronomía Colombiana*, 34(1supl), 1139-1142. doi: 10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58324
- Dak, M., Verma, R., & Jaaffrey, S. (2008). Rheological properties of tomato concentrate. *International Journal of Food Engineering*, 4(7), article 11. doi:10.2202/1556-3758.1470
- Díaz Ocampo, R., Garcia Zapateiro, L., Franco Gomez, J. M., & Vallejo Torres, C. (2012). Caracterización bromatológica, fisicoquímica microbiológica y reológica de la pulpa de borjój (*Borojoa patinoi Cuatrec*). *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 17-24. doi: <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.79>
- Dutta, D., Dutta, A., Raychaudhuri, U., & Chakrab, R. (2006). Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree. *Journal of Food Engineering*, 76(4), 538–546. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.05.056>
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., & Martin, A. (2009). *Manual de cultivo del cultivo de sandía (Citrullus lanatus) y melón (Cucumis melo L.)*. Chile: Universidad de Chile.
- Figueroa-Florez, J., Barragan-Viloria, K., & Salcedo-Mendoza, J. (2017). Comportamiento reológico en pulpa edulcorada de mango (*Mangifera Indica L. cv. Magdalena River*) *Corpoica Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 615-627. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:748

- Guerrero, S., & Alzamora, S. (1998). Effect of pH, Temperature and Glucose Addition on Flow Behaviour of Fruit Purees: II. Peach, Papaya and Mango Purées. *Journal of Food Engineering*, 37(1), 77-101. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00065-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00065-X)
- Hermida Bun, J. R. (2000). *Fundamentos de Ingeniería de Procesos Agroalimentarios*. España: Mundi-Prensa.
- Holdsworth, S. (1971). Applicability of rheological models to the interpretation of flow and processing behaviour of fluid food products. *Journal of Texture Studies*, 2(4), 393-418. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1971.tb00589.x>
- Honghui, B., SangGuan, Y., Longkui, C., Rui, Z., Qi, W., & Steve W., C. (2016). Chemical and rheological properties of polysaccharides from fruit body of *Auricularia auricular-judae*. *Food Hydrocolloids*, 57, 30-37. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.031>
- Ibarz, A., Garvín, A., & Costa, J. (1996). Rheological behavior of loquat (*eriobotrya japonica*) juices. *Journal of Texture Studies*, 27(2), 175-184. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1996.tb00067.x>
- Méndez-Sánchez, A., Pérez-Trejo, L., & Paniagua Mercado, A. (2010). Determinación de la viscosidad de fluidos newtonianos y no newtonianos (una revisión del viscosímetro de Couette). *Latin-American Journal of Physics Education*, 4(1), 237-245.
- Muñoz, E., Rubio, L., & Cabeza M. (2012). Comportamiento de flujo y caracterización fisicoquímica de pulpas de durazno. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 107-116. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.02.01>
- Ortega, E., Salcedo, E., Arrieta, R., & Torres, R. (2015). Efecto de la temperatura y concentración sobre las propiedades reológicas de la pulpa de mango variedad Tommy Atkins. *Revista ION*; 28(2), 79-92. <https://doi.org/10.18273/revion.v28n2-2015007>
- París, H., Amar, Z., & Lev, E. (2012). Medieval emergence of sweet melons, *Cucumis melo* (*Cucurbitaceae*). *Annals of Botany*, 110(1), 23-33. <https://doi.org/10.1093/aob/mcs098>
- Pelegrine, D., Silva, F., & Gasperrato, C. (2002). Rheological behavior of mango and pineapple pulps. *LWT - Food Science and Technology*, 35(8), 645-648. <https://doi.org/10.1006/fstl.2002.0920>
- Polanco, P. (2012). *El Baúl del Consumidor Blog de Consumo*. Recuperado de: <http://elbauldelconsumidor.blogspot.com.co/2012/07/el-melon-rico-en-vitamina-c-b6-sodio.html>
- Quintana, S., Granados, C., & Garcia-Zapateiro, L. (2017). Propiedades Reológicas de la Pulpa de Papaya (*Carica papaya*). *Información tecnológica*, 28(4), 11-16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000400003>
- Quintana, S., Machacon, D., Marsiglia, R., Torregrosa, E., & Garcia-Zapateiro, L. (2018). Steady and Shear Dynamic Rheological Properties of Squash (*Cucurbita moschata*) Pulp. *Contemporary Engineering Sciences*, 11, 1013-1024.

- Ramirez Navas, J. (2006). *Fundamentos de Reología de alimentos*. Cali, Colombia: JSR e-books.
- Salamanca-Grosso, G., Osorio, M., Nelson, A., & Abril, J. (2011). *Propiedades fisicoquímicas, termofísicas y reológicas de cremogenados de frutas tropicales*. Recuperado de: http://www.acyja.com/documentos/Comunicaciones_Congresos/2011/PA%20054.pdf
- Salamanca-Grosso, G., Díaz, C., & Salazar, B. (2007). Propiedades reológicas de algunos cremogenados de mango (*Mangifera indica* L). *Alimentos, Ciencia e Ingeniería*, 16, 180-182.
- Sanseverino, W., Henaff, E., Vives, C., Pinosio, S., Burgos-Paz, W., Morgante, M.,...Casacuberta, J.M. (2015). La contribución de los polimorfismos de inserción de transposones, la variación estructural y los SNP a la evolución del genoma del melón. *Molecular Biology and Evolution*, 32(10), 2760-2774. <https://doi.org/10.1093/molbev/msv152>
- Sebastian, P., Schaefer, H., Telford, I., & Renner, S. (2010). Cucumber (*Cucumis sativus*) and melon (*C. melo*) have numerous wild relatives in Asia and Australia, and the sister species of melon is from Australia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(32), 14269-14273. <https://doi.org/10.1073/pnas.1005338107>
- Steffe, J. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. (2nd Ed.). Michigan, EE.UU: Editorial Freeman Press. East Lansing.