

Efecto de la temperatura sobre las propiedades de flujo viscoso de la pulpa de Zapote Mamey (*Pouteria sapota*)

Effect of temperature on the viscous flow properties of Mamey Sapote Pulp. (*Pouteria Ssapota*)

Somaris E. Quintana Martinez^{1*}, Arnulfo Tarón Dunoyer², Luis García Zapateiro³

¹Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos. Grupo de Investigación en Ingeniería de Fluidos Complejos y Reología de Alimentos (IFCRA) –. Dirección: Campus Piedra de Bolívar, Barrio Piedra de Bolívar, Calle 30 NO 48-152, Cartagena-Bolívar, Colombia.

*Correo electrónico: squintanam@unicartagena.edu.co;  <https://orcid.org/0000-0003-4716-0354>

²Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos. Grupo de Investigación en Biotecnología, Alimentos y educación (GIBAE) – Dirección: Campus Piedra de Bolívar, Barrio Piedra de Bolívar, Calle 30 NO 48-152, Cartagena-Bolívar, Colombia.

*Correo electrónico: atarond@unicartagena.edu.co;  <https://orcid.org/0000-0001-7540-0920>

³Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería de Alimentos. Grupo de Investigación en Ingeniería de Fluidos Complejos y Reología de Alimentos (IFCRA) –. Dirección: Campus Piedra de Bolívar, Barrio Piedra de Bolívar, Calle 30 NO 48-152, Cartagena-Bolívar, Colombia.

*Correo electrónico: lgarciaz@unicartagena.edu.co;  <https://orcid.org/0000-0003-4084-4948>

Recibido: marzo 26 de 2025; Aceptado: mayo 30 de 2025; Publicado: junio 28 de 2025

RESUMEN.

El zapote mamey (*Pouteira zapota*) es un árbol frutal tropical de la familia Sapotaceae, originario de México y distribuido por toda América Central. La pulpa de zapote mamey (*Pouteira zapota*) contiene proteína (16,9%), aceite (35 - 49% de materia seca), fibra, minerales (calcio, fósforo, sodio, magnesio y potasio) y vitaminas A, C y E. En esta investigación se estudió el comportamiento reológico de la pulpa de zapote mamey (*Pouteria sapota*) a 20, 40, 60 y 80 °C en estado estacionario. Las pulpas presentaron un comportamiento no newtoniano tipo pseudoplástico, las cuales fueron ajustadas al modelo de Ostwald-de Waele, presentando un coeficiente de ajuste (R^2) mayor a 0,997. Los parámetros de índice de consistencia e índice de flujo

Autor correspondencia: Somaris E. Quintana
Martínez¹. ✉^{4*} **Autor de correspondencia:**
squintanam@unicartagena.edu.co



presentaron una disminución con el incremento de la temperatura. El efecto de la temperatura se evaluó mediante una ecuación tipo Arrhenius, presentando una energía de activación 18,54 kJ/mol.

Palabras clave: Zapote mamey (*Pouteria sapota*), reología, flujo viscoso, temperatura; Arrhenius.

ABSTRACT

The mamey sapote (*Pouteria sapota*) is a tropical fruit tree of the Sapotaceae family, native to Mexico and distributed throughout Central America. The pulp of the mamey sapote (*Pouteria sapota*) contains protein (16.9%), oil (35–49% dry matter), fiber, minerals (calcium, phosphorus, sodium, magnesium, and potassium), and vitamins A, C, and E. In this research the rheological behavior of mamey sapote (*Pouteria sapota*) pulp was studied at 20, 40, 60, and 80 °C under steady-state conditions. The pulps exhibited non-Newtonian, pseudoplastic behavior, which was fitted to the Ostwald-de Waele model, showing a coefficient of fit (R^2) greater than 0.997. The consistency index and flow index parameters decreased with increasing temperature. The effect of temperature was evaluated using an Arrhenius equation, yielding an activation energy of 18.54 kJ/mol.

Keywords: zapote mamey (*Pouteria sapota*), reology, viscous flow behavior, temperatura, Arrhenius.

INTRODUCCION

El zapote mamey (*Pouteria zapota*) es un árbol frutal tropical de la familia Sapotaceae, originario de México y distribuido por toda América Central (Prabhu et al., 2018).

Además, esta fruta se ha exportado y comercializado en otros países como Australia, Israel, Filipinas y España (Palma-Orozco et al., 2011).

El fruto tiene forma de baya ovoide y pesa entre 200 y 900 g, se caracteriza por su cáscara firme y coriácea, pulpa de color rosa salmón a rojo con una textura suave y un sabor dulce y de 1 a 4 semillas grandes en forma de huso. Este fruto ha sido catalogado como exótico (Alia-Tejacal et al., 2007) y su disponibilidad se ha limitado frecuentemente a mercados regionales (Tarón-Dunoyer et al., 2022; Alia-Tejacal et al., 2007).

La pulpa de zapote mamey (*Pouteira zapota*) contiene proteína (16,9%), aceite (35 - 49% de materia seca), fibra, minerales (calcio, fósforo, sodio, magnesio y potasio) y vitaminas A, C y E (Tarón-Dunoyer et al., 2022; González-Peña et al., 2021; Palma-Orozco et al., 2011). Su pulpa es suave, constituye aproximadamente el 78% del fruto y presenta una alta relación azúcar/acidez, lo que le confiere un sabor dulce al madurar; Además, se ha evaluado en relación con su actividad antioxidante. Se han identificado diferentes ácidos fenólicos, flavonoles, flavonoles y carotenoides, y con base en esto se ha recomendado la inclusión de dicha fruta en la dieta (Yahia et al., 2011). Sin embargo, dichos estudios solo han considerado una etapa de madurez y, dado que la información disponible indica que el

contenido fenólico y la actividad antioxidante pueden modificarse con la maduración (Kalt, 2005; Kaur & Kapoor, 2008; Manach et al., 2004).

Debido a sus características organolépticas y nutricionales, la fruta se consume fresca y madura (Alia-Tejacal et al., 2007) y se puede almacenar después de la cosecha hasta 28 días combinando bajas temperaturas (12 °C) y atmósfera controlada (5% O₂, 2% CO₂), pero su vida útil se limita a 18 - 21 días si solo se utilizan bajas temperaturas (Morales et al., 2008).

Las pulpas de fruta son suspensiones constituidas por partículas sólidas (pulpa) dispersas en un sistema acuoso (suero), donde la estabilidad es un factor esencial para el control de calidad y está estrechamente asociada con las propiedades reológicas (Corrales-Cardona, et al., 2020; Tonon et al., 2009). Los métodos físicos utilizados para procesar las frutas pueden afectar su calidad general (Daza-Orsini, & Parra-Aparicio, 2021; Pérez-Romero, et al., 2020; Rao, 2014; Steffe, 1996). Por lo tanto, el conocimiento de las propiedades reológicas de la pulpa de Jambolan bajo diferentes condiciones de temperatura y cizallamiento es esencial para el diseño de operaciones unitarias, la optimización de procesos, el control de

calidad y las estrategias de empaque y almacenamiento (Tucker, 2017).

Las pulpas y purés de frutas se describen comúnmente como fluidos no newtonianos debido a las complejas interacciones entre sus componentes (agua, azúcares, ácidos orgánicos, fibra, etc.) (Tonon et al., 2009). Parámetros como la temperatura, la concentración y el tamaño de partícula pueden afectar el comportamiento reológico (Ojediran & Raji, 2010; Rao, 2014). Parámetros de flujo como la tensión de corte, la velocidad de corte y la viscosidad se utilizan para comprender el comportamiento del flujo de la pulpa de fruta. La evaluación de las propiedades reológicas del flujo en estado estacionario juega un papel importante en el procesamiento, la estabilidad y la calidad del producto final (Rao, 2014). Estos parámetros pueden correlacionarse con las cualidades sensoriales y la aceptación del consumidor (Tucker, 2017).

MATERIALES Y METODOS

Obtención de la pulpa. El material utilizado para este estudio fue el zapote mamey (*Pouteira zapota*) adquirido en el mercado local de Cartagena, Colombia, con un grado de maduración similar, evaluado por la presencia de corteza y mediante la

En la literatura, se encuentran disponibles varios estudios de las propiedades reológicas de frutas exóticas, como açai (Tonon et al., 2009), acerola (Pereira et al., 2014), *Limonia acidissima* (Sonawane et al., 2020), *Ziziphus mauritiana* Lam (Patel et al., 2022), *Flacourtia jangomas* (Nath et al., 2021), jaboticaba (Sato & Cunha, 2007), gabirola (Barbieri et al., 2018), macaíba (Gomes et al., 2022) y siriguela (Augusto et al., 2012).

Por otro lado, no se encontraron en la literatura estudios sobre la caracterización reológica de la pulpa de pulpa de zapote mamey (*Pouteria zapota*) aunque son esenciales para el procesamiento industrial. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de flujo de la pulpa de pulpa de zapote mamey (*Pouteira zapota*) a diversas temperaturas y verificar cómo la temperatura afecta dichas propiedades.

determinación de la relación entre los sólidos solubles (°Brix) y la acidez titulable. La pulpa se obtuvo en un despulpador con cepillos (Sterling Power System Inc. – Lionel Corporation – California, EE. UU.) y fue almacenada a 5 °C hasta su posterior análisis.

Caracterización reológica La caracterización reológica de la pulpa de zapote mamey (*Pouteira zapota*) se realizó con un reómetro de esfuerzo controlado (Sistema Modular Avanzado de Reómetro Haake Mars 60, Thermo-Scientific, Alemania), empleando una geometría de placa rugosa de 35 mm de diámetro y una separación de 1 mm para evitar el deslizamiento. Los procedimientos se realizaron siguiendo el método descrito por Quintana et al. (Quintana Martínez et al., 2022). La temperatura se mantuvo mediante un sistema Peltier y cada muestra se equilibró durante 600 s antes del ensayo reológico para garantizar el mismo historial térmico y mecánico. Se realizaron ensayos de flujo viscoso en estado estacionario, a

diversas temperaturas (10, 20, 40, 60 y 80°C), analizando las variaciones en la viscosidad aparente a velocidades de corte que oscilaron entre 10^{-2} y 10^2 s^{-1} , para evaluar el efecto de la temperatura en las propiedades de flujo de la pulpa. El rango de temperatura se seleccionó en función de los diferentes procesos industriales aplicados a la pulpa de fruta, como la pasteurización, la alta presión, la homogeneización, entre otros.

Análisis estadístico. Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA con el programa Statgraphics (Centurion versión 16.1) para determinar diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las muestras.

RESULTADOS Y DISCUSION

Propiedades de flujo en estado estacionario. Las pulpas de zapote mamey (*Pouteira zapota*) presentaron una variación de la viscosidad conforme incrementaba la velocidad de deformación, como se puede evidenciar en la Figura 1, comportamiento típico de fluidos No-newtoniano tipo pseudoplástico o fluidificante (Macosko, 1994). Resultados similares fueron obtenidos para la pulpa de papaya

(Quintana et al., 2017), borojó (Díaz Ocampo et al., 2012), melón (R. M. Marsiglia et al., 2018), berenjena (R. Marsiglia et al., 2020) y borojó (Díaz Ocampo et al., 2012). La disminución de la viscosidad fue de tipo potencial, por lo que las curvas de flujo viscoso fueron ajustadas al modelo de Ostwald de Waele (Ecuación 1)

$$\eta = k(\dot{\gamma})^{n-1} \quad (1)$$

dónde η es la viscosidad aparente, n es el índice de flujo y k es el índice de consistencia.

La Tabla 1 presenta los parámetros de ajuste de las curvas de flujo viscoso de pulpas de zapote mamey (*Pouteira zapota*) a 20, 40, 60 y 80 °C, ajustadas al modelo de Ostwald de Waele; indicando coeficiente de variación (R^2) entre 0,997 y 0,999 (Tabla 1). La temperatura influyó tanto en el

coeficiente de consistencia (k), como en el índice de comportamiento de flujo (n), presentando una disminución con el incremento de la temperatura; Luego, los valores de índices de flujo (n) fueron inferiores de 1, corroborando el comportamiento pseudoplástico.

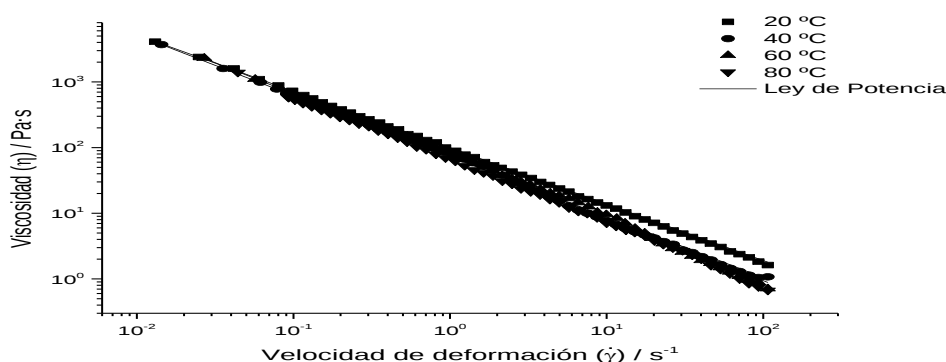


Figura 1. Curvas de flujo viscoso de pulpas de zapote mamey (*Pouteira zapota*) a 20, 40, 60 y 80 °C.

La consistencia y la viscosidad aparente de los alimentos no newtonianos pueden afectar la concentración de sólidos solubles e insolubles (Juszczak & Fortuna, 2004). La presencia de partículas en suspensión y su interacción con la fase sérica misma influyeron significativamente en el índice de consistencia, lo que indica que las partículas pueden ser responsables del comportamiento del flujo de la pulpa (Augusto et al., 2011; Vitali & Rao, 1984a, 1984b).

El índice de consistencia (k) están relacionadas con la fricción y otras interacciones entre las partículas insolubles dispersas en la pulpa, mientras que el índice de comportamiento (n) representa la dificultad de la partícula para alinearse con la dirección del flujo: cuanto más cercano a 1.0, menos expresivo es el efecto de alineación.

En el caso de la pulpa de zapote mamey (*Pouteira zapota*), se pudo observar que a mayor temperatura se evidencia menor

fricción y otras interacciones entre las partículas insolubles dispersas y alto efecto de alineación entre las partículas debido a

menores k y n , parámetros relevantes en los métodos de cálculo en el desarrollo de procesos de sistemas no newtonianos.

Tabla 1. Parámetros de ajuste de las curvas de flujo viscoso de pulpas de zapote mamey (*Pouteira zapota*) a 20, 40, 60 y 80 °C, ajustadas al modelo de Ostwald de Waele.

Temperatura (°C)	k	N	R^2
20	$99,597 \pm 1,170^a$	$0,141 \pm 0,003^a$	0,998
40	$73,650 \pm 0,380^b$	$0,076 \pm 0,001^b$	0,999
60	$74,251 \pm 0,969^b$	$0,051 \pm 0,004^c$	0,997
80	$64,477 \pm 2,600^c$	$0,039 \pm 0,010^d$	0,998

Los datos son la media $\pm$ la desviación estándar.

Letras diferentes en la misma columna expresan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

Efecto de la temperatura. Se verificó que los efectos de la temperatura empleando la ecuación de Arrhenius (Ecuación 2):

$$n = A \cdot e^{\left(\frac{E_a}{RT}\right)} \quad (2)$$

Siendo n el índice de flujo, A es el factor pre-exponencial, E_a es la energía de activación, el cual es un parámetro que evalúa la dependencia térmica, T la temperatura absoluta y R la constante universal de los gases. La energía de activación (E_a) en función del índice de flujo (n) de las pulpas de zapote mamey (*Pouteira zapota*) fue de 18,54 kJ/mol ($R^2 = 0,98$). Según Krokida et al., (Krokida et al., 2001) la energía de activación (E_a) está relacionada con la concentración de sólidos solubles. La Figura 2 presenta la relación

correspondiente del índice de comportamiento de flujo frente a la temperatura para la pulpa de zapote mamey (*Pouteira zapota*), la temperatura tuvo un efecto significativo y el índice de comportamiento de flujo se promedió en el rango de temperatura estudiado.

Por lo tanto, este parámetro es esencial para el diseño de un proceso, equipo o producto. El valor de la energía de activación indica la sensibilidad de la viscosidad aparente a la variación de temperatura (Karwowski et al., 2013; Kaya & Sözer, 2005). Durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos, las variaciones de temperatura influyen en las propiedades reológicas del producto. La optimización de un proceso requiere el conocimiento del valor de E_a en diversas

condiciones como una herramienta importante para predecir las propiedades

reológicas de la pulpa en condiciones de proceso o almacenamiento.

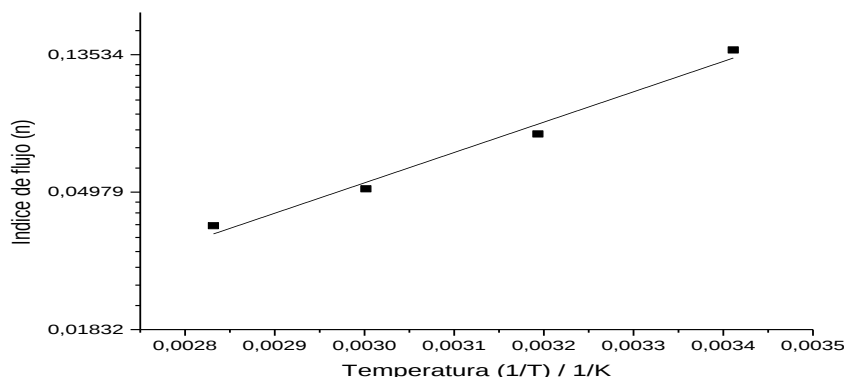


Figura 2. Parámetros de ajuste de los valores de índice de flujo (n) de las pulpas de zapote mamey (*Pouteira zapota*) en función de 1/Temperatura.

CONCLUSIONES

La pulpa de pulpas de zapote mamey (*Pouteira zapota*) presentó un comportamiento de un fluido alimentario complejo, no newtoniano tipo pseudoplástico. Se modeló cada característica y se verificó la influencia de la temperatura. Se obtuvo la energía de activación. Estos resultados permiten comprender mejor las variaciones en las propiedades reológicas debidas al procesamiento, el almacenamiento, el

control de calidad, el consumo y la percepción del consumidor. Este estudio aporta información esencial para el desarrollo industrial y comercial de productos alimenticios con zapote mamey (*Pouteira zapota*), poniendo en valor esta fruta, que contiene compuestos beneficiosos para la salud, lo que permite una mayor retención de estos compuestos de interés.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alia-Tejacal, I., Villanueva-Arce, R., Pelayo-Zaldívar, C., Colinas-León, M. T., López-Martínez, V., & Bautista-Baños, S. (2007). Postharvest physiology and technology of sapote mamey fruit (*Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn). *Postharvest Biology and Technology*, 45(3), 285–297.

<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.12.024>

<https://doi.org/10.24054/limentech.v18i1.320>

Augusto, P. E. D., 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>

Augusto, P. E. D., Falguera, V., Cristianini, M., & Ibarz, A. (2011). Influence of fibre addition on the rheological properties of peach juice. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(5), 1086–1092. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2011.02593.X;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:13652621;WGROU:ST RING:PUBLICATION>

Corrales-Cardona, Jhoan E.; Silva-Díez, María P. (2020). Evaluación de la estabilidad de probióticos lactospore® en pulpa de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) variedad amarillo común, deshidratada por ventana refractiva. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-712 ISSN Impreso 1692-7125.-ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18 N° 1. Pp: 34 – 44. DOI:

Daza Orsini, S. M., & Parra Aparicio, G. P. (2021). Espectroscopia de infrarrojo con transformada de fourier (ft-ir) para análisis de muestras de harina de trigo, fécula de maíz y almidón de yuca. *@limentech, Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 19(1), 5–16. <https://doi.org/10.24054/limentech.v19i1.1407>

Díaz Ocampo, R., Vallejo Torres, C., Franco Gómez, J. M., García Zapateiro, L., Franco Gómez, J. M., Vallejo Torres, C., Franco Gómez, J. M., & García Zapateiro, L. (2012). Caracterización bromatológica, fisicoquímica microbiológica y reológica de la pulpa de borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrec). *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 17–24. <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.79>

Gomes, J. P., Carlos, & Vieira De Azevedo, A., Brasileiro, J. L. O., De Figueirêdo, R. M. F., De, A. J., Q ueiroz, M., & Feitosa, R. M. (2022). Modelling of rheological behaviour of macaíba pulp at different temperatures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 26(3), 198–203. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/AGRIAMBI.V26N3P198-203>

- González-Peña, M. A., Lozada-Ramírez, J. D., & Ortega-Regules, A. E. (2021). Carotenoids from mamey (Pouteria sapota) and carrot (Daucus carota) increase the oxidative stress resistance of *Caenorhabditis elegans*. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 26. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2021.100989>
- Juszczak, L., & Fortuna, T. (2004). Effect of temperature and soluble solid content on the viscosity of cherry juice concentrate. *Int. Agrophysics*, 18, 17–21}
- Kalt, W. (2005). Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *Journal of Food Science*, 70(1). <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2005.TB09053.X>
- Karwowski, M., Masson, M., Lenzi, M., Scheer, A., & Haminiuk, C. (2013). Characterization of tropical fruits: Rheology, stability and phenolic compounds. *Acta Alimentaria*, 42(4), 586–598. <https://doi.org/10.1556/AALIM.42.2013.4.13>
- Kaur, C., & Kapoor, H. C. (2008). Antioxidants in fruits and vegetables - the millennium's health. *International Journal of Food Science & Technology*, 36(7), 703–725. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.00513.x>
- Kaya, A., & Sözer, N. (2005). Rheological behaviour of sour pomegranate juice concentrates (*Punica granatum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, 40(2), 223–227. <https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.2004.00897.X>
- Krokida, M. K., Maroulis, Z. B., & Saravacos, G. D. (2001). Rheological properties of fluid fruit and vegetable puree products: Compilation of literature data. *International Journal of Food Properties*, 4(2), 179–200. <https://doi.org/10.1081/JFP-100105186;SUBPAGE:STRING:FULL>
- Macosko, C. W. (1994). *Rheology: Principles, Measurements, and Applications*. <https://www.wiley.com/en-us>
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727–747. <https://doi.org/10.1093/ajcn/79.5.727>

- Marsiglia, R. M., Miele-Gómez, L., Lastra, S., & García-Zapateiro, L. A. (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.
<https://doi.org/10.23850/24220582.1675>
- Marsiglia, R., Miele-Gómez, L., Lastra, S., Quintana, S. E. S. E., García-Zapateiro, L. A. A., Lastra-Ripoll, S., Quintana, S. E. S. E., García-Zapateiro, L. A., Lastra, S., Quintana, S. E. S. E., & García-Zapateiro, L. A. A. (2020). Bromatological composition and effect of temperature on the rheology of eggplant pulp. *Italian Journal Food Science*, 32(3), 596–604.
<https://doi.org/https://doi.org/10.14674/IJFS-1706>
- Morales, A. M., Tejacal, I. A., Valle Guadarrama, S., Coli-Nas León, M. T., López Martínez, V., Bautis-Ta Baños, S., Andrade Rodríguez, M., Villegas Torres, Ó. G., & Guillén Sánchez, D. (2008). Comportamiento de frutos de zapote mamey (*pouteria sapota*) en atmósferas con bajo o₂ y moderado CO₂ behavior of sapote mamey (*pouteria sapota*) fruits in atmospheres with low o₂ and moderate CO₂. *Nota Científica Rev. Fitotec. Mex*, 31, 53–59.
- Nath, D., Barbhuiya, R. I., Singh, S. K., & Dwivedi, M. (2021). Rheological properties of Indian coffee plum (*Flacourtia jangomas*) pulp in steady and dynamic shear at different temperatures. *International Journal of Fruit Science*, 21(1), 95–105.
<https://doi.org/10.1080/15538362.2020.1859042;ISSUE:ISSUE:DOI>
- Ojediran, J. O., & Raji, A. O. (2010). Chapter 2 Flow and functional models for rheological properties of fluid foods. In *International Food Research Journal* (Vol. 17, Issue 4, pp. 1095–1106).
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9230-6>
- Palma-Orozco, G., Ortiz-Moreno, A., Dorantes-Álvarez, L., Sampedro, J. G., & Nájera, H. (2011). Purification and partial biochemical characterization of polyphenol oxidase from mamey (*Pouteria sapota*). *Phytochemistry*, 72(1), 82–88.
<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.10.011>
- Patel, G., Murakonda, S., & Dwivedi, M. (2022). Steady and dynamic shear rheology of Indian Jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.) fruit pulp with

physiochemical, textural and thermal properties of the fruit. *Measurement: Food*, 5, 100023. <https://doi.org/10.1016/J.MEAFOO.2022.100023>

Pereira, C. G., de Resende, J. V., & Giarola, T. M. O. (2014). Relationship between the thermal conductivity and rheological behavior of acerola pulp: Effect of concentration and temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 58(2), 446–453.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.016>

Pérez-Romero, Leocadia F., Manrique-Ysaías, Alan J., Torres-Terrel, Anglie T., Yauri-Mayorga, Diana R., Romo-Huayllani, Jasiel J., Casimiro-Soriano, Enzo M. (2020). Efecto de dos metodologías de secado de rodajas de piña (*ananas comosus*) sobre el contenido nutricional. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN 1692-712 ISSN Impreso 1692-7125-ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 18 N° 2. Pp: 5 – 25. DOI:<https://doi.org/10.24054/limentech.v18i2.317>

Prabhu, D. S., Selvam, A. P., & Rajeswari, V. D. (2018). Effective anti-cancer property of *Pouteria sapota* leaf on breast cancer

cell lines. *Biochemistry and Biophysics Reports*, 15, 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2018.06.004>

Quintana Martínez, S. E., Torregroza Fuentes, E. E., & García-Zapateiro, L. A. (2022). Rheological and Microstructural Properties of Acidified Milk Drink Stabilized with Butternut Squash Pulp Hydrocolloids (BSPHs). *ACS Omega*, 7(23), 19235–19242

https://doi.org/10.1021/ACSOMEGA.2C00513/ASSET/IMAGES/LARGE/AO2C00513_0007.JPEG

Quintana, S. E., Granados, C., & García-Zapateiro, L. A. (2017). Rheological properties of papaya pulp (*Carica papaya*). *Informacion Tecnologica*, 28(4). <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400003>

Rao, M. A. (2014). Flow and functional models for rheological properties of fluid foods. *Food Engineering Series*, 27–61. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9230-6_2

Sonawane, A., Pathak, S., & Pradhan, R. C. (2020). Effect of processing temperature on dynamic rheological properties and color degradation kinetics of bael fruit

- pulp. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(15), 5596–5602.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.10612>
- Steffe, J. Freeman. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press.
- Tarón Dunoyer Arnulfo; Barros Portnoy Israel; Mercado Camargo Jairo. (2022). Caracterización de ácidos grasos y fenoles totales con actividad antioxidante de la semilla de durazno (*Prunus persica*). Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 77 – 91.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.1667>
- Tonon, R. V. R., Alexandre, D., Hubinger, M. D., Cunha, R. L., Hubinger, M. D., Cunha, R. L., Hubinger, M. D., & Cunha, R. L. (2009). Steady and dynamic shear rheological properties of açai pulp (*Euterpe oleraceae* Mart.). *Journal of Food Engineering*, 92(4), 425–431.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.12.014>
- Tucker, G. (2017). Applications of Rheological Data Into the Food Industry. *Advances in Food Rheology and Its Applications*, 159–175.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100431-9.00007-3>
- Vitali, A. A., & Rao, M. A. (1984a). Flow Properties of Low-Pulp Concentrated Orange Juice: Effect of Temperature and Concentration. *Journal of Food Science*, 49(3), 882–888.
<https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1984.TB13233.X;WGROU:STRING:PUBLICATION>
- Vitali, A. A., & Rao, M. A. (1984b). Flow Properties of Low-Pulp Concentrated Orange Juice: Serum Viscosity and Effect of Pulp Content. *Journal of Food Science*, 49(3), 876–881.
<https://doi.org/10.1111/J.1365-2621.1984.TB13232.X;WGROU:STRING:PUBLICATION>
- Yahia, E. M., Gutiérrez-Orozco, F., & Arvizu-de Leon, C. (2011). Phytochemical and antioxidant characterization of mamey (*Pouteria sapota* Jacq. H.E. Moore & Stearn) fruit. *Food Research International*, 44(7), 2175–2181.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2010.11.029>