

Efecto de la temperatura y concentración de fibra en el perfil reológico del zumo de maracuyá (*Passiflora edulis*)

Effect of temperature and fiber concentration on the rheological profile of passion fruit juice (*Passiflora edulis*)

Augusto Mechato^{1,a,*}, Frank F. Velásquez-Barreto^{1,b}

¹ Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú.

^a M.Sc., ✉ amechato@unach.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0001-7492-188X>

^b Ph.D., ✉ fvelasquez@unach.edu.pe,  <https://orcid.org/0000-0001-8954-9769>

* Autor de Correspondencia: Tel. +51 954627427

<http://doi.org/10.25127/riagrop.20233.917>

<http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/RIAGROP>

revista.riagrop@untrm.edu.pe

Recepción: 29 de abril 2023

Aprobación: 06 de junio 2023

Este trabajo tiene licencia de Creative Commons.

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0

International Public License – CC-BY-NC-SA 4.0



Resumen

Este estudio determinó el efecto de la adición de fibra y temperatura en el comportamiento del flujo de zumo de maracuyá. Las mediciones reológicas se realizaron con un esfuerzo cortante controlado y los experimentos de cizallamiento en estado estacionario con un intervalo de razón de corte ($\dot{\gamma}$) de 0.01 – 100 s⁻¹. Se determinó el comportamiento del fluido utilizando la ecuación de Herschel-Bulkley. Los resultados mostraron que la mezcla del zumo de maracuyá sin (0%) y con adición de fibra de 6.25 y 12.5%, mostraron un comportamiento pseudoplástico ($n < 1$). El modelo Herschel-Bulkley tuvo un R² entre 0.961 a 0.996. El índice de consistencia (K) se incrementó conforme se incrementó la concentración de fibra y se redujo con el incremento de la temperatura, sin embargo, el esfuerzo de corte inicial (σ_0) se incrementó tanto con el incremento de la concentración de fibra y temperatura. El comportamiento de las curvas de zumos de maracuyá y los valores de los parámetros reológicos durante las pruebas en estado estacionario fueron afectados con el incremento de la concentración de fibra y temperatura.

Palabras claves: Comportamiento del flujo; índice de consistencia; índice de comportamiento; Herschel-Bulkley.

Abstract

This study determined the effect of fiber addition and temperature on the flow behavior of passion fruit juice. Rheological measurements were performed with controlled shear stress and steady-state shear experiments with a shear ratio range ($\dot{\gamma}$) of 0.01 - 100 s⁻¹. The fluid behavior was determined using the Herschel-Bulkley equation. The results showed that the mixture of passion fruit juice without (0%) and with fiber addition of 6.25 and 12.5% showed pseudoplastic behavior ($n < 1$). The Herschel-Bulkley model had an R² between 0.961 and 0.996. The consistency index (K) increased as fiber concentration increased and decreased with increasing temperature, however, the initial shear stress (σ_0) increased with both increasing fiber concentration and temperature. The behavior of passion fruit juice curves and rheological parameter values during steady state tests were affected with increasing fiber concentration and temperature.

Keywords: Flow behavior; consistency index; behavior index; Herschel-Bulkley.

1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la demanda en el consumo de zumo de maracuyá se ha ido incrementando, tanto a nivel local como internacional, cada año las empresas tienen mayor interés en la elaboración de productos a partir de esta materia prima, principalmente por su intenso sabor y fuerte aroma concentrado. Por naturaleza el maracuyá se ha tornado un insumo importante en la gastronomía mundial, esto ha promovido el marketing del producto y su demanda, en Europa su consumo se incrementa rápidamente con nuevos usos que todavía no se ven en otros mercados como golosinas, gelatinas y cocteles, es por ello, la importancia de ofrecer a los clientes productos accesibles y de calidad (Rosero, 2019).

El estudio de la deformación y flujo de las materias primas sin procesar, los productos intermedios o semielaborados y los productos finales en la industria de alimentos, ha sido definida como reología de los alimentos (Leandro *et al.*, 2022). Es importante para

caracterizar los alimentos, el estudio de los parámetros de deformación de la materia, el cual varía dependiendo de la transformación que se le dé, por lo que se dice que se comportan como fluidos no newtonianos. El comportamiento de estos últimos puede describirse mediante el modelo de Herschel-Bulkley (Marsiglia *et al.*, 2018).

Se ha determinado que las características reológicas están condicionadas por diferentes factores, como la temperatura (Ninamango *et al.*, 2016) y concentración de fibra, la variedad de la fruta entre otros, como consecuencia de la compleja interacción entre los azúcares, sustancias pécticas y sólidos en suspensión, por lo que, la mayor parte de las pulpas de frutas son fluidos no newtonianos (Figuerola-Flórez *et al.*, 2017). Las mediciones o predicciones de las características reológicas de los alimentos son muy importantes en los cálculos de ingeniería de procesos, control de calidad y determinación de las propiedades de los ingredientes, entre otros (Puente *et al.*, 2022).

Actualmente el consumo de fibra dietética va en aumento (28-35 g/día) por sus evidentes beneficios en la salud, lo que crea la necesidad de investigar nuevas fuentes de este componente o el diseño de nuevos productos alimenticios que contribuyan a incrementar la ingesta diaria de fibra (Sáenz *et al.*, 2007), en ese sentido, enriquecer el zumo de maracuyá con fibra contribuye a ello y es necesario determinar parámetros para su procesamiento. Por ello, este estudio tuvo como objetivo determinar el efecto de la temperatura y concentración de fibra en el perfil reológico del zumo de maracuyá.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materia prima y fibra

La materia prima maracuyá (*Passiflora edulis*) fue obtenida del distrito de Chota, provincia de Cajamarca, Perú. La fibra se obtuvo a partir de la cáscara del fruto de maracuyá (*Passiflora edulis*), para ello los frutos se lavaron y se separó el zumo de la cáscara. La cáscara se secó, luego se realizó la molienda y se pasó los sólidos en un tamiz Forney en malla de 2 mm. Ese producto resultante constituyó la fibra.

2.2. Preparación de muestras

El zumo de maracuyá extraído se mezcló con la fibra obtenida (0%, 6.25% y 12.5%) y se dejó en reposo en 15 minutos. Transcurrido este tiempo se realizó las mediciones reológicas a temperaturas de 0°C, 20°C y 40°C.

2.3. Perfil reológico

Comportamiento al flujo. Se realizaron mediciones reológicas en el reómetro híbrido (modelo DHR3, TA Instruments, USA), utilizando una geometría estriada plato-plato

(40 mm de diámetro). La separación entre el peltier del reómetro y la parte final de la geometría (GAP) fue 1,0 mm. Las muestras de zumo de maracuyá y fibra preparadas según lo descrito anteriormente, fueron colocadas en el reómetro híbrido y se realizaron lecturas con un esfuerzo cortante controlado y los experimentos de cizallamiento en estado estacionario siguiendo la metodología propuesta por Velásquez-Barreto y Velezmoro (2018) y Alvarez *et al.* (2017) con ciertas modificaciones, para ello se utilizó un intervalo de razón de corte ($\dot{\gamma}$) de 0.01 – 100 s⁻¹ y se determinó el comportamiento del fluido utilizando la ecuación de Herschel-Bulkley (Ecuación 1):

$$\sigma = \sigma_0 + K\dot{\gamma}^n \quad (1)$$

donde, σ es el esfuerzo cortante, σ_0 es el esfuerzo cortante inicial, $\dot{\gamma}$ es la velocidad de corte, K es el índice de consistencia y n es el índice de comportamiento del flujo.

2.4. Análisis estadístico

Cada tratamiento se realizó por triplicado, se determinó el promedio, desviación estándar y comparación de medias. Para ello se utilizaron los programas Microsoft Excel 2014 y Minitab. Para la determinación de los parámetros del modelo se utilizó la herramienta Solver de Microsoft Excel 2014. El nivel de confianza se fijó en 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Comportamiento reológico en estado estacionario

El comportamiento en estado estacionario del zumo de maracuyá sin adición de fibra (0%) y 6.25% y 12.5% de fibra durante la cizalladura a temperaturas de 0 °C, 4 °C y 40 °C se muestra en la Figura 1. Los esfuerzos cortantes de los

zumos de maracuyá al 12.5% y 6.25% de fibra a razón de corte de 0-100 s^{-1} fueron mayores a los zumos de maracuyá sin adición de fibra a las tres temperaturas de trabajo. Esto muestra un efecto de la concentración de fibra sobre el esfuerzo cortante del zumo de maracuyá, ya que, conforme se incrementa el contenido de fibra en el zumo de maracuyá, se reduce la movilidad de las moléculas de agua por efecto de

la solubilización de la fibra de maracuyá que contiene moléculas de pectina, las cuales forman puentes de hidrogeno entre cadenas reteniendo las moléculas de agua que se encuentran en la estructura reticulada que se forma (Escudero & González, 2006). Similares resultados fueron encontrados por Tonon *et al.* (2009) y Salinas *et al.* (2019) en zumos de açai y manzana con adición de fibra.

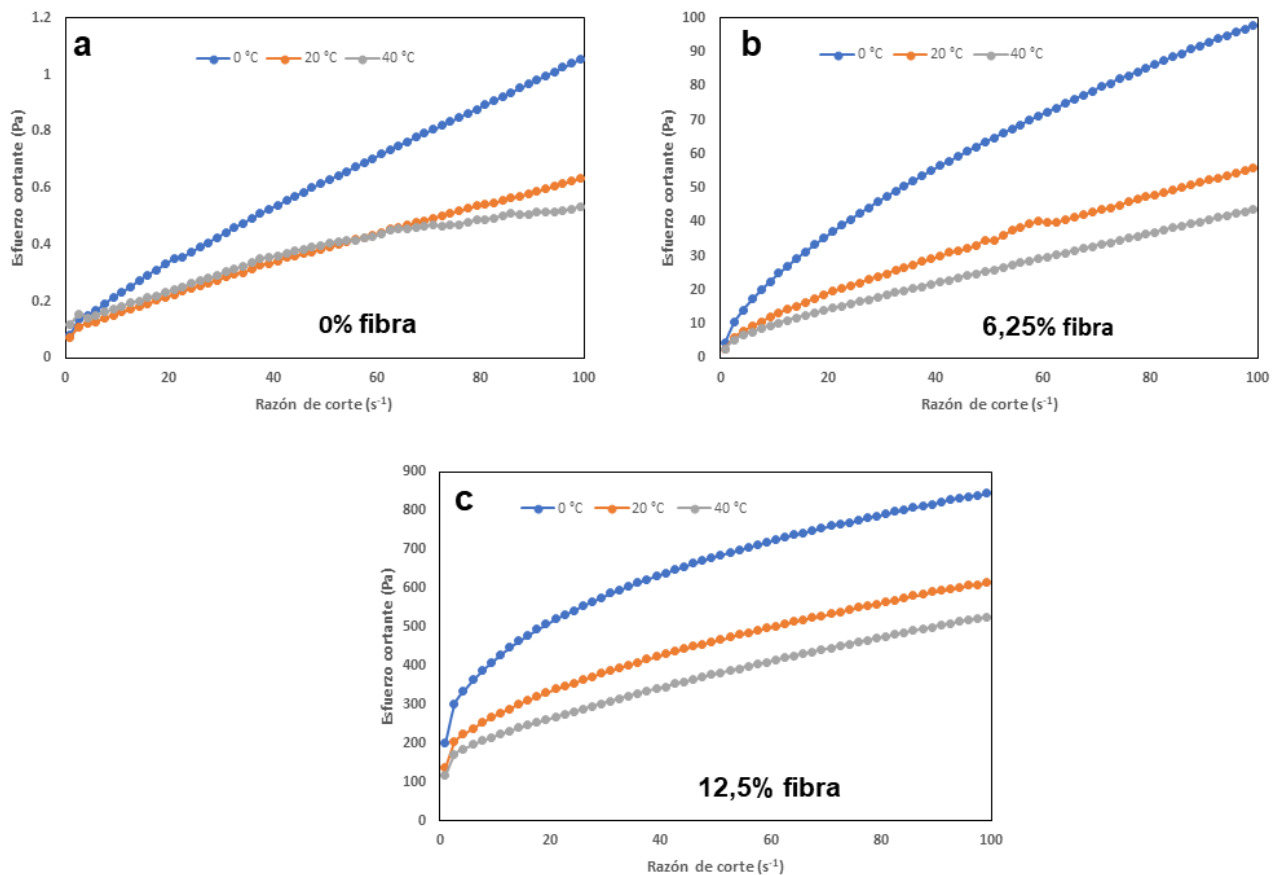


Figura 1. Propiedades de corte en estado estacionario de zumo de maracuyá sin adición de fibra (0%, a), con 6.25% de fibra (b) y 12.5% de fibra (c).

Por otro lado, conforme se incrementó la temperatura de trabajo de 0 °C a 40 °C se redujo el esfuerzo cortante de los zumos de maracuyá a 12.5% y 6.25%. Sin embargo, el comportamiento del esfuerzo cortante de los zumos de maracuyá sin adición de fibra a 20°C

y 40 °C fue similar, lo que no ocurrió con el esfuerzo cortante de este mismo zumo a 0 °C que fue mayor en comparación a 20 °C y 40 °C. Esto muestra un efecto de la temperatura sobre el esfuerzo cortante del zumo de maracuyá con o sin adición de fibra, ya que, conforme se

incrementa la temperatura del zumo de maracuyá, se incrementa la movilidad de las moléculas agua por efecto del incremento de la energía cinética de las moléculas presentes que permiten un mayor movimiento del fluido, por ende debilita los enlaces producidos entre cadenas de polímeros como la pectina y afecta la estructura reticulada formada (Escudero & González, 2006). Similares resultados fueron encontrados por Andrade *et al.* (2009a) y Muñoz *et al.* (2012) en pulpa de níspero y pulpa de durazno.

3.2. Índice de comportamiento de flujo

El índice de comportamiento de flujo de fluidos es un indicador de utilidad ya que relaciona las interacciones moleculares y el ordenamiento espacial de matrices poliméricas o polímeros entre las capas del fluido, en el cual se puede incrementar o reducir el movimiento del fluido (Suárez-Domínguez *et al.*, 2015). En la Tabla 1, se muestran los valores de n del Modelo Herschel-Bulkley, que corresponden al zumo de maracuyá sin adición de fibra (0%) y con adición de fibra a una concentración de 6.25% y 12.5% a diferentes temperaturas (0 °C; 20 °C; 40°C). Los valores de n de los zumos de maracuyá fueron menores a 1, lo que indica que la mezcla del zumo de maracuyá sin y con adición de fibra tienen un comportamiento pseudoplástico (Tabla 1). A menor n (<1), mayor será la pseudoplasticidad (Aguilar *et al.*, 2014) y esto es común en zumos de frutas (Muñoz *et al.*, 2012). Este comportamiento pseudoplástico puede ocurrir por la presencia de ciertos polímeros, azúcares y ácidos que puede interactuar mediante puentes hidrógeno y este es el caso de este estudio que se adicionó fibra de maracuyá que está compuesta por pectina (Siche *et al.*, 2012). Así mismo, Se puede

observar también que el modelo Herschel-Bulkley se ajustó bien a los datos experimentales (R^2 : 0.961-0.996) del comportamiento al flujo del zumo de maracuyá con y sin adición de fibra debido a que este modelo se adapta para describir fluidos independientes del tiempo (Da Cruz *et al.*, 2016).

El valor de n del zumo de maracuyá con o sin adición de fibra mostraron valores que variaron en un rango de 0.34 – 0.82 (Tabla 1), presentándose mayores valores de n en zumos de frutas sin adición de fibra y a temperaturas de 0 °C y 20 °C, no obstante, el valor de n se redujo cuando la temperatura se incrementó a 40 °C. Por otro lado, cuando se adicionó fibra 12.5% y 6.25% al zumo de maracuyá el valor de n se redujo a 0 °C en comparación con el zumo de maracuyá sin adición de fibra a la misma temperatura y la reducción fue mayor conforme se incrementó la concentración de fibra. Sin embargo, conforme se incrementó la temperatura de trabajo (de 0 °C a 20 °C y 40 °C) el valor de n se incrementó en los zumos de maracuyá a los que se les adicionó fibra (6.25 y 12.5%). Esto indica que la temperatura tuvo un mayor efecto significativo sobre el valor n del zumo de maracuyá con o sin adición de fibra ($p<0.05$, Tabla 1) y de la misma manera la concentración de la fibra tuvo un efecto significativo sobre el valor n ($p<0.05$, Tabla 1). Similares resultados de valores de n fueron encontrados para pulpa de guayaba variedad Red (0.14-0.24) y la variedad Híbrido Klom Salí (0.29-0.31) (Andrade *et al.*, 2009b), pulpa concentrada de aguaymanto (0.64-0.81) (Bustamante *et al.*, 2016), pulpa de mango (0.18-0.28) (Ortega *et al.*, 2015) y zumo de sandía (0.17-0.45) (Ninamango *et al.*, 2016).

Las diferencias encontradas del valor n de este estudio con los de otros estudios son debido a la composición química de los zumos, polímeros utilizados como estabilizadores y condiciones de trabajo durante las pruebas reológicas (Santos *et al.*, 2010). Estos resultados de valores

de n sugieren que zumos de maracuyá con diferentes porcentajes de fibra como agente estabilizador generan fluidos pseudoplásticos con diferentes características a diferentes temperaturas de almacenamiento.

Tabla 1. Parámetros del Modelo Herschel-Bulkley aplicados a zumo de maracuyá sin (0%) y con adición de fibra (6,25; 12,5%)

Fibra (%)	Temperatura (°C)	σ_0	K	n	R ²	Modelo
0	0	0.07±0.005a,C	0.02±0.02b,C	0.81±0.01a,A	0.996	Herschel-Bulkley
	20	0.07±0.00a,C	0.01±0.00c,C	0.82±0.00a,A	0.996	Herschel-Bulkley
	40	0.07±0.0004a,B	0.03±0.0002a,C	0.59±0.001b,C	0.961	Herschel-Bulkley
6,25	0	0.48±0.00b,B	5.50±0.00a,B	0.63±0.00b,B	0.979	Herschel-Bulkley
	20	2.08±0.00a,B	1.95±0.00b,B	0.72±0.00a,B	0.989	Herschel-Bulkley
	40	1.18±0.89a,b,B	1.41±0.23c,B	0.74±0.03a,A	0.996	Herschel-Bulkley
12,5	0	60.20±0.00c,A	163.41±0.00a,A	0.34±0.00c,C	0.996	Herschel-Bulkley
	20	114.45±0.00b,A	47.60±0.00b,A	0.51±0.00b,C	0.963	Herschel-Bulkley
	40	125.77±0.00a,A	19.38±0.00c,A	0.66±0.00a,B	0.983	Herschel-Bulkley

Valores promedio de tres réplicas ± desviación estándar

Letras minúsculas corresponden a la comparación entre el parámetro a diferentes temperaturas (misma concentración).

Letras mayúsculas corresponden a la comparación entre el parámetro a diferentes concentraciones (misma temperatura)

3.3. Índice de consistencia K

Este indicador mide la consistencia del fluido y su resistencia a la deformación, el cual depende de la temperatura y la composición de la mezcla (Suárez-Domínguez *et al.*, 2015). En la Tabla 1, se muestran los valores de K del Modelo Herschel-Bulkley, que corresponden al zumo de maracuyá con y sin adición de fibra a diferentes temperaturas. El valor de K del zumo de maracuyá mostró valores en un rango de 0.01 – 163.41 Pa.sⁿ (Tabla 1), presentándose mayores valores de K en zumos de frutas con 12.5% de fibra, seguidos por zumos de frutas con 6.25% de fibra. Así mismo, se observó que conforme se incrementaba la temperatura de (0 a 40 °C) a los zumos de frutas sin adición de fibra, el valor de

K se mantuvo casi constante, es decir no existió efecto de la temperatura (valor $p > 0.05$); sin embargo, los zumos de frutas con 12.5% de fibras tuvieron un mayor valor de K y una mayor reducción de este parámetro cuando la temperatura se incrementaba de 0 a 40 °C, un similar comportamiento fue observado en el valor de K para los zumos de maracuyá con 6.25% de fibra pero con menor reducción del parámetro K en comparación con zumos de maracuyá con 12.5% de fibra. Esto indica que la temperatura tuvo un mayor efecto significativo sobre el valor K del zumo de maracuyá con o sin adición de fibra ($p < 0.05$) y de la misma manera la concentración de la fibra tuvo un efecto significativo sobre el valor K ($p < 0.05$).

Diferentes resultados de valor K para zumos de maracuyá con 6.25% y 12.5% de fibra y valores cercanos de K a zumo de maracuyá sin fibra fueron obtenidos en investigaciones con zumos mixtos adicionados con jarabes de sacarosa, elaborados con frutas tropicales (K: 0.068-0.125) (Bezerra *et al.*, 2013), así mismo, diferentes valores de K de zumos de maracuyá a 6.25% de fibra y sin fibra, pero valores cercanos K a zumo de maracuyá con 12.5% de fibra fueron obtenidos con pulpa de cocona (K: 48.63-111.14 Pa.sⁿ) (Laguna *et al.*, 2022). Así mismo, se observó que conforme se incrementó la temperatura de medición, la pulpa perdió pseudoplasticidad (adelgazamiento por cizallamiento), en donde K disminuyó, esto debido a que, al aumentar la temperatura de trabajo, la energía térmica y las distancias moleculares aumentan debido a la reducción de las fuerzas intermoleculares (Laguna *et al.*, 2022). Las diferencias entre el valor K de este estudio con los de otros estudios son debido a la composición química de los zumos, polímeros utilizados como estabilizadores y condiciones de trabajo durante las pruebas reológicas (Aguilar *et al.*, 2014).

3.4. Esfuerzo cortante inicial

El esfuerzo de corte inicial es el mínimo esfuerzo que debe ser aplicado para que el fluido comience a fluir y es típico de sistemas multifase como pastas de polímeros, pastas para untar, salsas, aderezos para ensaladas y pastas (Sun y Gunasekaran, 2009; Ortega *et al.*, 2015). En la Tabla 1, se muestran los valores de σ_0 del Modelo Herschel-Bulkley, que corresponden al zumo de maracuyá con y sin adición de fibra a diferentes temperaturas. El zumo de maracuyá sin fibra (0%) tuvo un esfuerzo cortante de 0.07 Pa; para una

concentración de fibra al 6.25% fue de 0.48 – 2.08 Pa y para una concentración de fibra al 12.5% fue de 60.20 – 125.77 Pa (Tabla 1). Esto indica que conforme se incrementó la concentración de fibra el valor de σ_0 se incrementó y este incremento fue mucho mayor conforme se incrementó la concentración de fibra a 12,5% (Tabla 1), ya que fue necesaria una mayor fuerza para que pueda fluir el zumo de maracuyá. Esto podría deberse a que el incremento de fibra puede aumentar la consistencia y reducir la capacidad de fluir del zumo de maracuyá debido a que la fibra produce altas viscosidades a bajas tasas de deformación por las interacciones moleculares con agregados de alto peso molecular (Contreras-Lozano *et al.*, 2018; Polo *et al.*, 2021). Así mismo, en la Tabla 1 se observa que la concentración de fibra tuvo un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre el valor del esfuerzo de corte inicial (σ_0) de los zumos de maracuyá con fibra.

Por otro lado, se observó que conforme se incrementó la temperatura de trabajo en los zumos de maracuyá con adición de fibra, el valor σ_0 también se incrementó y la temperatura tuvo un efecto significativo sobre el valor de σ_0 ($p < 0.05$). No obstante, este efecto no fue observado en el valor σ_0 de zumos de maracuyá sin adición de fibra (Tabla 1). Similares valores de σ_0 de zumo de maracuyá con 6.25% fueron reportados en pulpas de açaí (2.29 a 5.48 Pa) (Tonon *et al.*, 2009). Así mismo, se ha reportado el incremento del valor σ_0 en zumo de manzana cuando se incrementó el contenido de fibra de 14% (σ_0 : 2.27-1.59 Pa de 5 -60 °C) a 16% de fibra (σ_0 : 61.50- 46.06 Pa de 5-60 °C), mostrándose una reducción σ_0 conforme se incrementó la temperatura de trabajo (Salinas *et al.*, 2019). Estos comportamientos de la adición de fibra sobre el σ_0 son similares a los obtenidos en este

estudio, sin embargo, difieren con el efecto de la temperatura, ya que, los resultados de esta investigación indicaron un incremento del valor σ_0 con el incremento de la temperatura. Estas diferencias pueden deberse al tipo de fibra utilizada, composición química de la fibra, hidratos de carbono complejos y lignina, oligosacáridos resistentes, tamaño de las cadenas del polímero (Escudero & González, 2006).

4. CONCLUSIONES

El comportamiento de las curvas de zumos de maracuyá y los valores de los parámetros reológicos durante las pruebas en estado estacionario fueron afectados con el incremento de la concentración de fibra y temperatura. El zumo de maracuyá con adición de fibra mostró un comportamiento más pseudoplástico ($n < 1$) en comparación con el zumo de maracuyá sin adición de fibra. El índice de consistencia (K) se incrementó conforme se incrementó la concentración de fibra y se redujo con el incremento de la temperatura, sin embargo, el esfuerzo de corte inicial (σ_0) se incrementó tanto con el incremento de la concentración de fibra como con el incremento de temperatura. Esto muestra que la concentración de fibra y temperatura afectaron los parámetros reológicos de diferente manera, tal vez debido al efecto del tipo de fibra y composición de la misma. Futuros estudios deberían ser realizados a fin de determinar otras propiedades reológicas del zumo de maracuyá con adición de fibra como la dependencia del tiempo y viscoelasticidad, así como, el efecto del tipo de fibra.

Declaración de intereses

Ninguna.

Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota, la que con Recursos CANON, apoyó el desarrollo de la presente investigación.

Referencias

- Aguilar, J., Espinoza, M., Cabanillas, J., Gómez, E., Valverde, L. & Benavides, D. (2014). Efecto de la concentración de albedo y sacarosa sobre las características fisicoquímicas, reológicas y aceptabilidad general en cremogenado de granadilla (*Passiflora ligularis*). *Agroindustrial Science*, 4(1), 7-18. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2014.01.01>
- Alvarez, M.D., Fuentes, R., Guerrero, G. & Canet, W. (2017). Characterization of commercial Spanish hummus formulation: Nutritional composition, rheology, and structure. *International Journal of Food Properties*, 20(4), 845-863. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1186692>
- Andrade, R.D., Ortega, F.A., Montes, E.J., Torres, R., Pérez, O.A., Castro, M. & Gutiérrez, L.A. (2009b). Caracterización fisicoquímica y reológica de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) variedades híbrido de klom Sali, Puerto Rico D14 y Red. *Vitae (Medellín)*, 13-18.
- Andrade, R.D., Torres, R., Montes, E.J., Pérez, O.A., Restan, L.E. & Peña, R.E. (2009a). Efecto de la temperatura en el comportamiento reológico de la pulpa de níspero (*Achras sapota* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(4), 599-612.
- Bezerra, C.V., Silva, L.H. M. da, Costa, R.D.S. da, Mattietto, R. de A. & Rodrigues, A.M. da C. (2013). Comportamento reológico de suco misto elaborado com frutas tropicais. *Brazilian Journal of Food Technology*, 16, 155-162. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000020>
- Bustamante, R., Oblitas, J. & Rojas, E. (2016). Influencia de la temperatura y concentración sobre el comportamiento reológico de la pulpa concentrada de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.). *Agroindustrial Science*, 6(1), 37-43. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2016.01.04>
- Contreras-Lozano, K.P., Ciro-Velásquez, H.J. & Márquez-Cardozo, C.J. (2018). Effect of the addition of hydrocolloids and aloe vera gel (*Aloe barbadensis*

- Miller) on the rheological properties of a beverage of sweet corn (*Zea mays* var. *Saccharata*). *DYNA*, 85(204), 302-310. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n204.63205>
- Da Cruz, A. M., Vieira, C., Quaresma, I. & Meller, L.H. (2016). Propriedades reológicas do suco de buriti (*Mauritia flexuosa*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38, 176-186. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-290/14>
- Escudero, E. & González, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 61-72.
- Figueroa-Flórez, J.A., Barragán-Viloria, K. & Salcedo-Mendoza, J.G. (2017). Comportamiento reológico en pulpa edulcorada de mango (*Mangifera indica* L. cv. Magdalena river). *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 615-627. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:748
- Marsiglia, R.M., Mieles, L.D., Lastra, S.E. & Garcia, 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), Article 2. <https://doi.org/10.23850/24220582.1675>
- Ninamango, J.L., Vila, E.A. & Berrocal, L. (2016). Efecto de la temperatura y concentración en las propiedades reológicas del zumo de sandía (*Citrullus lanatus*). *Prospectiva Universitaria*, 13(1), 21-28. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2016.13.381>
- Leandro, C., Díaz, J.D., Reátegui, S. & Bazán-Colque, R.J. (2022). Influencia de la temperatura y concentración de sólidos solubles en el comportamiento reológico de la pulpa de cocona. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(4), 227-235. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.480>
- Polo, M.P., Roa, D.F. & Bravo, J.E. (2021). Propiedades reológicas de quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) obtenidas mediante molienda abrasiva y tratamiento térmico. *Información tecnológica*, 32(6), 53-64. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000600053>
- Muñoz, E., Rubio, L.A. & Cabeza, M.S. (2012). Comportamiento de flujo y caracterización fisicoquímica de pulpas de durazno. *Scientia Agropecuaria*, 3(2), 107-116. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.02.01>
- Puente, J.G., Hernández, C.L., Reyes, M.E., Rentería, F.Y. & Miranda, I.Y. (2022). Estudio reológico de soluciones poliméricas de carboximetil celulosa. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 23(2), 1-10. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2022.23.2.012>
- Ortega, F.A., Galván, E S., 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>
- Rosero, A.J. (2019). *Elaboración de zumo de maracuyá congelado*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio digital. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4290>
- Sáenz, C., Estévez, A.M. & Sanhueza, S. (2007). Utilización de residuos de la industria de zumos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 57(2), 186-191.
- Salinas, D.E., Garvin, A., Ibarz, R. & Ibarz, A. (2019). Effect of apple fibre addition and temperature on the rheological properties of apple juice and compensation study. *LWT*, 116, 108456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108456>
- Santos, M. da S., Petkowicz, C.L.O., Haminiuk, C.W.I. & Cândido, L.M.B. (2010). Polissacarídeos extraídos da gabioba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Propriedades químicas e perfil reológico. *Polímeros*, 20, 352-358. <https://doi.org/10.1590/S0104-14282010005000056>
- Siche, R., Falguera, V. & Ibarz, A. (2012). Influencia de la temperatura y adición de fibra en el comportamiento al flujo del zumo de naranja. *Scientia Agropecuaria*, 3(4), 303-308. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.04.04>
- Suárez-Domínguez, E.J., Manuel-Rivera, R., Coronel-Santillán, A.U., Palacio-Pérez, A. & Izquierdo-Kulich, E. (2015). Estudio de coeficientes reológicos de un crudo extrapesado mezclado con un biorreductor de viscosidad. *Ingeniería Mecánica*, 18(2), 87-92.
- Sun, A. & Gunasekaran, S. (2009). Yield Stress in Foods: Measurements and Applications. *International Journal of Food Properties*, 12(1), 70-101. <https://doi.org/10.1080/10942910802308502>
- Tonon, R.V., Alexandre, D., 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>
- Velásquez-Barreto, F. & Velezmoro, C. (2018). Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 189-197. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.03>