



Efecto de la concentración y la temperatura sobre el comportamiento reológico de la pulpa de camu-camu

Effect of concentration and temperature on the rheological behavior of camu-camu pulp

Dayro del Águila Cifuentes¹; Caleb Leandro Laguna^{1,*}; Ronel Joel Bazán-Colque²;
Jaime Eduardo Basilio Atencio³

- ¹ Facultad de Ciencias e Ingeniería. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Carretera San José Km. 0.5, Yarinacocha, Ucayali, Perú.
² Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR 465, Km 07, CEP 23890-000, Seropédica, RJ, Brasil.
³ Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Carretera Central Km. 1.21, Tingo María, Huánuco, Perú.

ORCID de los autores

C. Leandro Laguna: <https://orcid.org/0000-0002-6168-1079>
 R. J. Bazán-Colque: <https://orcid.org/0000-0003-4374-9911>

D. del Águila Cifuentes: <https://orcid.org/0000-0002-5869-1647>
 J. E. Basilio Atencio: <https://orcid.org/0000-0002-7006-7724>

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue comprender como la concentración de los sólidos solubles (C_p) y la temperatura (T_p) afectaron el comportamiento reológico de la pulpa de camu-camu. Los factores de C_p (10 – 20 °Brix) y T_p (30 – 60 °C) se variaron según un diseño factorial 3×7 con tres repeticiones. Los frutos maduros de camu-camu mostraron características biométricas de peso (10,81 g), diámetro axial (2,55 cm) y ecuatorial (2,68 cm) antes de ser despulpados. Las características fisicoquímicas de la pulpa fueron: sólidos solubles (6,26 °Brix), pH (3,46), humedad (92,56%) y ácido ascórbico (1,78 g/100 g). La concentración de la pulpa se realizó en un rotavapor y las mediciones reológicas fueron evaluadas en un viscosímetro de Brookfield. Los parámetros reológicos ayudaron a calcular el índice de consistencia (K : 11,82 a 69,29 Pa·sⁿ) e índice de flujo (n : 0,303 a 0,347) mediante el modelo de Ley de la Potencia ($R^2 > 0,99$), revelando la naturaleza del adelgazamiento al cizallamiento (comportamiento pseudoplástico). La energía de activación varió de 8,51 a 10,21 kJ/mol. Los resultados reológicos de las pulpas concentradas de camu-camu pueden usarse como parámetro de control de calidad y dimensionamiento de equipos, tuberías, intercambiadores de calor, filtros y bombas.

Palabras clave: *Myrciaria dubia*; sólidos solubles; fluido pseudoplástico; índice de consistencia; energía de activación.

ABSTRACT

The objective of this study was to understand how the concentration of soluble solids (C_p) and temperature (T_p) affected the rheological behavior of camu-camu pulp. Factors of C_p (10 – 20 °Brix) and T_p (30 – 60 °C) were varied according to a 3×7 factorial design with three repetitions. Ripe camu-camu fruits showed biometric characteristics of weight (10.81 g), axial diameter (2.55 cm), and equatorial diameter (2.68 cm) before being pulped. Physicochemical characteristics of the pulp were: soluble solids (6.26 °Brix), pH (3.46), moisture (92.56%), and ascorbic acid (1.78 g/100 g). Pulp concentration was performed in a rotary evaporator and rheological measurements were evaluated in a Brookfield viscometer. The rheological parameters helped to calculate the consistency index (K : 11.82 to 69.29 Pa·sⁿ) and flow index (n : 0.303 to 0.347) using the Power Law model ($R^2 > 0.9$), revealing the nature of the shear thinning (pseudoplastic behavior). The activation energy varied from 8.51 to 10.21 kJ/mol. The rheological results of concentrated camu-camu pulps can be used as parameters for quality and dimensioning equipment, pipes, heat exchangers, filters, and pumps.

Keywords: *Myrciaria dubia*; soluble solids; pseudoplastic fluid; consistency index; activation energy.

1. Introducción

El camu-camu (*Myrciaria dubia* HBK McVaugh) es un cultivo amazónico de porte bajo (arbusto) y de gran importancia en el sector agroindustrial. Sus frutos son de forma globular, con una superficie lisa, de color rojo oscuro a violáceo en la etapa madura (Castro et al., 2018; Obregón-La Rosa et al., 2021). Este cultivo pertenece a la familia *Myrtaceae* y crece en forma de arbusto en suelos aluviales inundables, orillas de ríos y lagos en toda la cuenca del Amazonas (Cunha-Santos et al., 2019). La producción agroindustrial de pulpas en la región amazónica empieza a tener preponderancia con la presencia de plantas agroindustriales modernas (dos Santos et al., 2018). La pulpa de camu-camu, es sometida a diversos procesos y esfuerzos físicos como la concentración, con fines de mejorar los costos de empaque, transporte y almacenamiento (Salehi, 2020). Además, esta pulpa opta por un comportamiento diferente ante cada proceso. Por lo tanto, se requiere de estudios científicos sobre el comportamiento reológico de la pulpa de camu-camu con la finalidad de obtener productos procesados de muy buena calidad.

La reología de los alimentos nos permite conocer los parámetros de deformación de un fluido alimenticio fresco, intermedio o procesado (Salehi, 2020). Estos parámetros reológicos son importantes en las líneas de procesamiento de alimentos fluidos, condicionando la circulación por diversos equipos y deben tenerse en cuenta al aplicar tratamientos térmicos de conservación (Shinwari & Rao, 2020). La concentración y la temperatura tienen influencia en las propiedades físicas de los alimentos, y en concreto, en las propiedades reológicas y atributos sensoriales (Bustamante et al., 2016). Además, las propiedades reológicas de diversas pulpas han sido ampliamente estudiadas, en su mayoría, mediante el análisis de cizallamiento en estado estacionario (Barbieri et al., 2018) y diversos modelos matemáticos han sido propuestos para representar el comportamiento reológico de los alimentos fluidos como pulpas, purés, zumos, mermeladas, jaleas y concentrados de frutas (Álvarez et al., 2007; Diamante & Umamoto, 2015). El modelo de Ley de la Potencia fue sugerido por varios investigadores, porque describe adecuadamente el comportamiento reológico de las pulpas de frutas (Gomathy et al., 2015; Gunjal & Waghmare, 1987; Lombraña & Días, 1985; Rao et al., 1986; Salehi, 2020).

Por lo tanto, para que la pulpa de camu-camu se procese en condiciones adecuadas, se debe

conocer el índice de consistencia (K) y de flujo (n), como una característica de calidad en el procesamiento de alimentos. Sin embargo, no se encontró suficiente información sobre estas propiedades reológicas, tanto en la pulpa como en sus concentrados. A la luz de esta información, este estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la concentración y la temperatura sobre el comportamiento reológico de la pulpa de camu-camu, mediante el modelo de la Ley de la Potencia para la determinación de sus parámetros reológicos (K y n).

2. Material y métodos

2.1. Material

Los frutos maduros de camu-camu (*Myrciaria dubia*) en la séptima etapa de maduración fueron adquiridos en un mercado central de abastecimiento de la localidad de Yarinacocha (Ucayali, Perú), de acuerdo con la escala de maduración descrita por Neves et al. (2015). Esta etapa de maduración corresponde a frutos con color rojo violáceo.

2.2. Caracterización biométrica de los frutos

Para la caracterización biométrica de los frutos de camu-camu, fueron considerados el peso del fruto, diámetro axial y diámetro ecuatorial medidos por un calibrador digital (INSIZE Electronic, USA) y el color del fruto usando un colorímetro CR-400 (Konica Minolta, USA). Las medidas del color se expresaron en parámetros de L^* , a^* , b^* del sistema CIELab.

2.3. Obtención de la pulpa

Para la obtención de las pulpas, se realizó de acuerdo al flujograma mostrado en la Fig. 1. Los frutos fueron seleccionados, luego se lavaron con agua corriente, después se sumergieron en agua clorada (20 ppm por 15 minutos), se enjuagaron y se escurrieron durante 3 min para someterlos a un proceso de despulpado en una despulpadora de frutas Ep-9 (Kamplex, Hungría) con malla de 0,5 mm de abertura. La pulpa obtenida se almacenó hasta su posterior evaluación.

2.4. Caracterización fisicoquímica de la pulpa

Los análisis fisicoquímicos de la pulpa se realizaron de acuerdo con los métodos oficiales de la AOAC (2005). Los sólidos solubles fueron medidos de acuerdo con el índice de refracción a una temperatura de 20 °C (método 983.17). El pH fue determinado utilizando un potenciómetro previamente calibrado (método 981.12). La humedad fue determinada por estufa a 105 °C

hasta un peso constante (método 920.151). La vitamina C fue determinado por el método 2,6-Diclorofenol Indofenol (método 967.21).

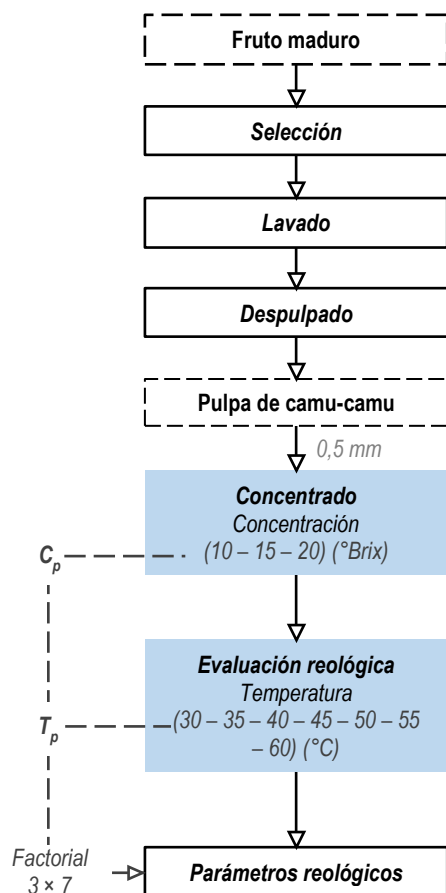


Figura 1. Flujograma para la obtención de pulpa de camu-camu.

2.5. Concentración de la pulpa

La pulpa obtenida se concentró en un rotavapor (Heidolph Instruments, Alemania) y se reguló con el agua extraída según los sólidos solubles considerados en cada tratamiento (Figura 1). Las muestras con diferente grado de concentración fueron almacenadas hasta su posterior evaluación.

2.6. Análisis del comportamiento reológico de la pulpa

El procedimiento reológico se realizó de acuerdo con el manual (N° M/85-150-9700) del equipo. Los parámetros reológicos se obtuvieron en un reómetro de Brookfield RVD III+ (Brookfield Engineering Labs., USA). Se consideraron los niveles de concentración de sólidos solubles y temperatura de la pulpa, de acuerdo con el diseño experimental (Figura 1). La pulpa (10 mL) fue colocada dentro del contenedor del reómetro

(*small adapter*) y se procedió a medir la viscosidad aparente con un spindle número 21. Las medidas en estado estacionario se realizaron con una velocidad de deformación ($\dot{\gamma}$) de 0 a 100 s⁻¹, con un rango de torque entre 10 – 100%. Los datos obtenidos se ajustaron al modelo de Ley de la Potencia (ec. 1).

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n \quad (1)$$

Donde: τ es el esfuerzo de corte (Pa), K es el índice de consistencia (Pa·sⁿ), $\dot{\gamma}$ es la velocidad de deformación (s⁻¹) y n es el índice de flujo (adimensional, $n \neq 1$). El análisis fue realizado por triplicado para cada tratamiento.

2.7. Determinación de la energía de activación

En el caso de fluidos no newtonianos, se relaciona la viscosidad aparente a una velocidad de deformación fijada. Para el cálculo de la energía de activación se utilizó la expresión que relaciona K con la temperatura a través del modelo matemático de Arrhenius (ec. 2):

$$\ln K = \ln K_0 + (Ea/RT) \quad (2)$$

Donde: K y K_0 son los índices de consistencia (Pa·sⁿ) de la muestra; Ea es la energía de activación (kJ/mol); R es la constante de los gases (8,314 J/mol·K) y T es la temperatura absoluta (K).

2.8. Diseño experimental y análisis de datos

Los resultados fueron expresados como medias \pm desviación estándar de por lo menos tres repeticiones ($n = 3$) por cada tratamiento. Fue utilizado un diseño factorial 3×7 con tres repeticiones. Las variables de estudio fueron la concentración de la pulpa (C_p) y la temperatura (T_p) (Figura 1). Se utilizaron análisis de regresión no lineal (ec. 1) y lineal (ec. 2) para estimar los coeficientes de los modelos. La bondad de ajuste de cada modelo matemático se determinó considerando el coeficiente de determinación con un buen ajuste ($R^2 > 0,9$) para fines predictivos, bajo el dominio estudiado. Fueron realizados análisis de variancias (ANVAs) seguido de la prueba de Tukey ($p < 0,05$) para la comparación de medias. Todos los análisis de datos fueron realizados con el software *Statistica* versión 12 (StatSoft Inc., Tulsa, OK).

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización biométrica de los frutos

En la Tabla 1 se muestra los resultados obtenidos de la caracterización biométrica de los frutos de camu-camu. El fruto del camu-camu presentó una forma redondeada con un diámetro de 2,55 cm y un peso de 10,81 g. Estos valores son similares al

trabajo reportado por Obregón-La Rosa et al. (2021). El reporte de las coordenadas colorimétricas, muestran la coloración de los frutos cuya tendencia es de un color oscuro intenso (bajo valor de L^*); respecto a la tendencia al rojo (a^*), su coordenada también es bajo, además, el equipo detectó presencia de color verde en la muestra. Sobre la tendencia al azul es muy notorio la cercanía a este parámetro, indicando un valor bajo en la coordenada de b^* . El color oscuro y con tendencia al azul es debido a la presencia de antocianinas en la cáscara (Neves et al., 2015).

Tabla 1
Características biométricas (frutos) y fisico-químicas (pulpa) del camu-camu

Características	Camu-camu
1. Biométricas	
<i>Frutos</i>	
Peso del fruto (g) ^a	10,81 ± 1,01
Diámetro axial (mm) ^a	2,55 ± 0,10
Diámetro ecuatorial (mm) ^a	2,68 ± 0,11
Color ^a	
Luminosidad (L^*)	17,48 ± 3,13
Parámetro (a^*)	5,38 ± 1,82
Parámetro (b^*)	2,28 ± 0,77
2. Fisicoquímica	
<i>Pulpa</i>	
Sólidos solubles (°Brix) ^a	6,26 ± 0,61
pH ^b	3,46 ± 0,22
Humedad (%) ^b	92,56 ± 4,68
Ácido ascórbico (g/100 g) ^b	1,78 ± 0,12

Todos los valores corresponden a la media ± desviación estándar para ^a n = 25 y ^b n = 3. Luminosidad: 0 = negro, 100 = blanco; a^* (Tendencia al rojo): rojo (+) y verde (-); b^* (Tendencia al amarillo): amarillo (+) y azul (-).

3.2. Caracterización fisicoquímica de la pulpa

En la Tabla 1 se muestra los resultados de las características fisicoquímica de la pulpa. Los sólidos solubles, pH, humedad fueron: 6,26 °Brix, 3,46 y 92,56% en base húmeda, respectivamente. La cantidad de sólidos solubles y pH fueron superiores a lo reportado por Obregón-La Rosa et al. (2021). Estas diferencias pueden deberse a diversos factores, como la etapa de maduración y factores ambientales de crecimiento del camu-camu. Además, la pulpa de camu-camu se destaca por su alto contenido en vitamina C, lo que se confirma con el resultado de este trabajo, mostrando una cantidad de 1780 mg de ácido ascórbico/100 g de pulpa. Este resultado se encuentra dentro de los valores reportados por otros trabajos, que varía entre 1410 a 2780 mg de

ácido ascórbico/100 g de pulpa (Arellano-Acuña et al., 2016; Obregón-La Rosa et al., 2021). Sin embargo, para alcanzar un valor máximo de vitamina C en la pulpa se sugiere usar frutos cosechados a una etapa intermedia de maduración (verde rojizo) (Santos et al., 2022). El contenido de ácido ascórbico (vitamina C) de la pulpa de camu-camu en comparación con otros frutos estudiados, es superior, como la acerola (20 veces más) y el limón (100 veces más) (Arellano-Acuña et al., 2016).

3.3. Comportamiento reológico

En los reogramas mostrados en la Figura 2 se puede apreciar una relación directa entre C_p y τ , siendo más significativo en la muestra concentrada a 20 °Brix ($p < 0,05$). Esto se puede explicar porque K de la pulpa, es afectada por la concentración de solutos durante el procesamiento de alimentos. Además, los zumos, purés y concentrados de frutas forman un grupo de productos constituidos por una fase dispersante, en la que se encuentran disueltos azúcares, ácidos, pectinas solubles, proteínas y sales (Salehi, 2020) y una fase dispersa que está compuesta por partículas de diferente forma y volumen, procedentes de los tejidos de la fruta (Jimenez & Duran, 1979). Por otro lado, T_p y τ mostraron una relación negativa (Figura 2). A medida que se aumenta la temperatura (hasta 60 °C) los valores de τ son bajos. La viscosidad de un fluido está en función de sus fuerzas intermoleculares que restringen el movimiento molecular, estas fuerzas dependen de los espacios intermoleculares, los cuales determinan el volumen libre, siendo afectado por los cambios de temperatura (Barbosa-Cánovas et al., 1993). Durante algunas operaciones en la industria de los alimentos, los valores de viscosidad y K ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$) varían significativamente, esto ocurre en particular en aquellos procesos que implican calentamiento y enfriamiento (Lewis, 1993). A partir de los reogramas de la Figura 2 se obtuvieron los parámetros reológicos de K y n a través del modelo de Ley de la Potencia (Tabla 2), mostrando buenos ajustes (R^2) que variaron entre 0,992 a 0,999, confirmando que el modelo reológico es adecuado para describir el flujo de la pulpa de camu-camu. Los valores de K variaron de 11,81 a 69,29 $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ y los valores de n variaron de 0,303 a 0,347. A partir de estos valores, la pulpa fue caracterizada como un fluido no newtoniano con un comportamiento pseudoplástico ($0 < n < 1$).

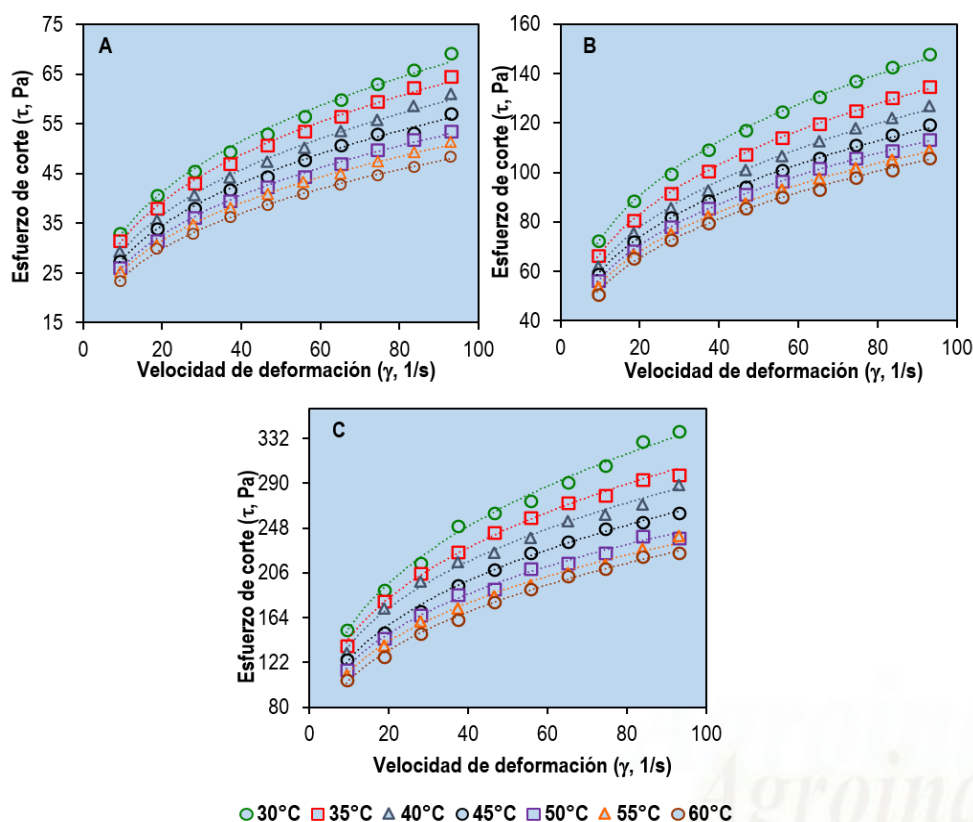


Figura 2. Reogramas a diferentes temperaturas de la pulpa de camu-camu a 10 °Brix (A), 15 °Brix (B) y 20 °Brix (C).

Se ha reportado similar comportamiento para pulpas de frutas y concentrados (Bustamante et al., 2016; Diamante & Umamoto, 2015; Silva et al., 2005). Dak et al. (2007) estudiaron el comportamiento reológico del jugo de mango de la variedad

“Kesar” a diferentes concentraciones (7,6% – 26%) y temperaturas (20 – 70 °C). Los valores de K y n variaron de 0,32 a 80,09 Pa·sⁿ y 0,20 a 0,33, respectivamente, revelando un comportamiento de adelgazamiento por cizallamiento del jugo.

Tabla 2

Parámetros reológicos de la pulpa de camu-camu a diferente concentración y temperatura

Concentración (C_p , °Brix)	Temperatura (T_p , °C)	Índice de consistencia (K , Pa·s ⁿ)	Índice de flujo (n)*	Coefficiente de regresión (R^2)
10	30	15,90 ± 0,09 l	0,319 ± 0,001 def	0,994
10	35	15,42 ± 0,22 l	0,312 ± 0,003 defg	0,997
10	40	14,20 ± 0,69 m	0,318 ± 0,012 defg	0,997
10	45	13,45 ± 0,14 mn	0,316 ± 0,002 defg	0,996
10	50	12,67 ± 0,10 no	0,316 ± 0,002 defg	0,998
10	55	12,50 ± 0,52 no	0,309 ± 0,012 efg	0,999
10	60	11,82 ± 0,48 o	0,310 ± 0,010 efg	0,999
15	30	35,75 ± 0,28 g	0,311 ± 0,002 efg	0,999
15	35	33,00 ± 0,25 h	0,309 ± 0,002 efg	0,999
15	40	30,72 ± 0,41 i	0,311 ± 0,003 efg	0,999
15	45	29,73 ± 0,20 i	0,304 ± 0,003 g	0,999
15	50	28,32 ± 0,26 j	0,305 ± 0,002 fg	0,999
15	55	27,47 ± 0,11 j	0,303 ± 0,001 g	0,999
15	60	25,90 ± 0,29 k	0,309 ± 0,003 efg	0,998
20	30	69,29 ± 0,32 a	0,347 ± 0,001 a	0,993
20	35	67,00 ± 0,58 b	0,334 ± 0,002 abc	0,997
20	40	65,12 ± 0,03 c	0,326 ± 0,000 bcd	0,992
20	45	57,58 ± 0,20 d	0,336 ± 0,001 ab	0,996
20	50	57,07 ± 0,52 d	0,321 ± 0,002 cde	0,993
20	55	53,35 ± 0,38 e	0,326 ± 0,002 bcd	0,994
20	60	47,68 ± 0,22 f	0,344 ± 0,000 a	0,997

Valores expresados como media ± desviación estándar, para n = 3. Valores con letras diferentes indican diferencia significativa entre las muestras de acuerdo a la prueba de Tukey (p < 0,05). * Adimensional.

Tabla 3

Energía de activación (E_a) de la pulpa de camu-camu a diferentes concentraciones

T_p °C (K)	$1/T_p$	Ln K		
		10 °Brix	15 °Brix	20 °Brix
30 (303,15)	0,0033	2,7661	3,5766	4,2383
35 (308,15)	0,0032	2,7350	3,4964	4,2046
40 (313,15)	0,0032	2,6526	3,4249	4,1762
45 (318,15)	0,0031	2,5990	3,3923	4,0532
50 (323,15)	0,0031	2,5396	3,3437	4,0443
55 (328,15)	0,0030	2,5261	3,3132	3,9769
60 (333,15)	0,0030	2,4692	3,2545	3,8644
E_a (kJ/mol)		8,55	8,51	10,21

3.4. Energía de activación

La energía de activación (E_a) es la energía mínima para iniciar un proceso de reacción en función de la temperatura. Mediante el modelo de Arrhenius (ec. 2) se pudo correlacionar linealmente el logaritmo de K ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$) contra la inversa de la temperatura absoluta ($1/K$) (Figura 3) con buenos ajustes de regresión (R^2 : 0,95 a 0,98). En la Tabla 3, se puede mostrar los valores de E_a que variaron de 8,51 a 10,21 kJ/mol. Estos valores fueron superiores a las pulpas concentradas de aguaymanto, que variaron de 3,88 a 4,43 kJ/mol (Bustamante et al., 2016). Pero inferiores con algunos jugos de frutas y sus concentrados, como cerezas (22,44 a 73,49 kJ/mol), uvas (13,95 a 24,88 kJ/mol), níspero (9,59 a 43,39 kJ/mol) y granada (9,07 a 24,05 kJ/mol) (Salehi, 2020).

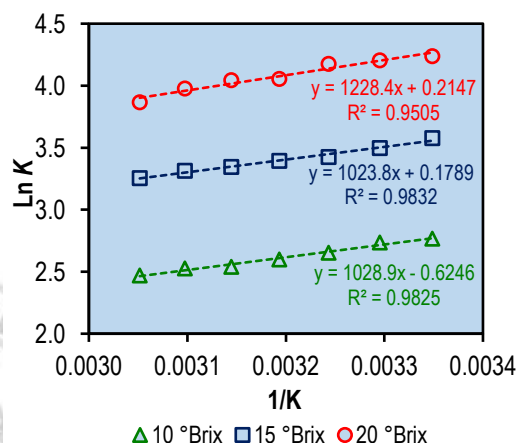


Figura 3. Gráfico del logaritmo de K frente a la inversa de la temperatura absoluta.

Los valores de E_a más altos, significan que las viscosidades de los fluidos concentrados son relativamente más sensibles al cambio de la temperatura (Salehi, 2020). Además, se observó la tendencia general de aumento del valor de E_a con el mayor contenido de sólidos solubles (20 °Brix), mostrando que la dependencia de la

viscosidad con la temperatura es mayor cuanto mayor es el contenido de sólidos solubles de los productos. Resultados similares a este estudio fueron reportados por Dak et al. (2007), que obtuvieron valores de E_a entre 3,8 a 13,7 kJ/mol en los concentrados de la pulpa de mango (7,6 – 26 °Brix) en función de la temperatura (20 – 70 °C) y en pulpa de tuna, que obtuvieron valores de E_a entre 9,48 y 12,86 kJ/mol (Matos-Chamorro & Aguilar-Alata, 2010).

4. Conclusiones

El comportamiento reológico de la pulpa de camu-camu fue afectado por la concentración de los sólidos solubles y la temperatura. Los parámetros obtenidos fueron: índice de consistencia (K) e índice de flujo (n) que variaron de 11,82 a 69,29 $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ y 0,303 a 0,347, respectivamente. El modelo de Ley de la Potencia mostró ser adecuado (R^2 : 0,992 – 0,999) para describir el flujo de la pulpa concentrada. La pulpa fue caracterizada como un fluido no newtoniano con un comportamiento de pseudoplasticidad ($0 < n < 1$), característica común en las pulpas de frutas. La temperatura influye negativamente sobre K y la concentración de los sólidos solubles influye positivamente sobre K . El modelo matemático de Arrhenius fue adecuado (R^2 : 0,95 a 0,98) para obtener la energía de activación de las pulpas concentradas, que variaron de 8,51 a 10,21 kJ/mol. Los resultados reológicos encontrados en la pulpa de camu-camu a diferentes concentraciones (10 – 20 °Brix) pueden usarse para futuros trabajos, como parámetro de control de calidad y dimensionamiento de equipos, tuberías, intercambiadores de calor, filtros y bombas.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA) y a la Universidad Nacional Agraria de la Selva (UNAS) por facilitar este trabajo con sus instalaciones.

Referencias bibliográficas

- Álvarez, E., Cancela, M. A., & Maceiras, R. (2007). Effect of Temperature on Rheological Properties of Different Jams. *International Journal of Food Properties*, 9(1), 135–146.
- AOAC. (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. (18th ed.), AOAC International, Gaithersburg.
- Arellano-Acuña, E., Rojas-Zavaleta, I., Luz, J., & Paucar-Menacho, M. (2016). Camu-camu (*Myrciaria dubia*): Fruta tropical de excelentes propiedades funcionales que ayudan a mejorar la calidad de vida. *Scientia Agropecuaria*, 7(4), 433–443.
- Barbieri, S. F., de Oliveira Petkowicz, C. L., de Godoy, R. C. B., de Azeredo, H. C. M., Franco, C. R. C., & Silveira, J. L. M. (2018). Pulp and Jam of Gabiroba (*Campomanesia xanthocarpa* Berg): Characterization and Rheological Properties. *Food Chemistry*, 263, 292–299.
- Barbosa-Cánovas, G., Ibarz, A., & Peleg, M. (1993). Propiedades reológicas de alimentos fluidos. *Revisión Alimentaria*, 241, 39–89.
- Bustamante, R., Oblitas, J., & Rojas, E. (2016). Influence of temperature and concentration on the rheological behavior of concentrated aguaymanto pulp (*Physalis peruviana* L.). *Agroindustrial Science*, 1(1), 37–43.
- Castro, J. C., Maddox, J. D., & Imán, S. A. (2018). Camu-camu—*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh. *Exotic Fruits*, 97–105.
- Cunha-Santos, E. C. E., Viganó, J., Neves, D. A., Martínez, J., & Godoy, H. T. (2019). Vitamin C in camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh]: evaluation of extraction and analytical methods. *Food Research International*, 115, 160–166.
- Dak, M., Verma, R. C., & Jaaffrey, S. N. A. (2007). Effect of temperature and concentration on Rheological properties of “Kesar” mango juice. *Journal of Food Engineering*, 80(4), 1011–1015.
- Diamante, L., & Umemoto, M. (2015). Rheological Properties of Fruits and Vegetables: A Review. *International Journal of Food Properties*, 18(6), 1191–1210.
- dos Santos, R. M. B., Chagas, P. C., Rocha, J. H. de M. V., Chagas, E. A., Panduro, M. H. P., Lozano, R. M. B., Rodríguez, C. A., Lozano, R. M. B., & Rodríguez, C. A. (2018). Camu-camu production chain (*Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh): The case of the producing regions of Loreto and Ucayali, Peruvian Amazon. *Interciencia*, 43(4), 261–268.
- Gomathy, K., Thangavel, K., Balakrishnan, M., & Kasthuri, R. (2015). Effect of Ohmic Heating on the Electrical Conductivity, Biochemical and Rheological Properties of Papaya Pulp. *Journal of Food Process Engineering*, 38(4), 405–413.
- Gunjal, B. B., & Waghmare, N. J. (1987). Flow characteristics of pulp, juice and nectar of “Baneshan” and “Neelum” mangoes. *Journal of Food Science and Technology*, 24(1), 20–23.
- Jimenez, G., & Duran, L. (1979). Propiedades reológicas de productos derivados de frutas y tomate. *Revista de Agroquímica Y Tecnología de Alimentos*, 19, 203–216.
- Lewis, M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. Editorial Acribia S.A.
- Lombrana, J. I., & Dias, J. M. (1985). Rheological and Chemical Changes in Stored Carrot Juice. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 18(3), 213–219.
- Matos-Chamorro, A., & Aguilar-Alata, D. (2010). Influencia de la Temperatura y Concentración sobre el Comportamiento Reológico de la Pulpa de Tuna (*Opuntia ficus Indica*). *Revista de Investigación En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 58–65.
- Neves, L. C., Silva, V. X. da, Pontis, J. A., Flach, A., & Roberto, S. R. (2015). Bioactive compounds and antioxidant activity in pre-harvest camu-camu [*Myrciaria dubia* (H.B.K.) McVaugh] fruits. *Scientia Horticulturae*, 186, 223–229.
- Obregón-La Rosa, A. J., Augusto Elías-Peñañiel, C. C., Contreras-López, E., Arias-Arroyo, G. C., Bracamonte-Romero, M., Obregón-La Rosa, A. J., Augusto Elías-Peñañiel, C. C., Contreras-López, E., Arias-Arroyo, G. C., & Bracamonte-Romero, M. (2021). Características fisicoquímicas, nutricionales y morfológicas de frutas nativas. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(1), 17–25.
- Rao, M. A., Cooley, H. J., Nogueira, J. N., & McLellan, M. R. (1986). Rheology of Apple Sauce: Effect of Apple Cultivar, Firmness, and Processing Parameters. *Journal of Food Science*, 51(1), 176–179.
- Salehi, F. (2020). Physicochemical characteristics and rheological behaviour of some fruit juices and their concentrates. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14(5), 2472–2488.
- Santos, I. L., Miranda, L. C. F., da Cruz Rodrigues, A. M., da Silva, L. H. M., & Amante, E. R. (2022). Camu-camu [*Myrciaria dubia* (HBK) McVaugh]: A review of properties and proposals of products for integral valorization of raw material. *Food Chemistry*, 372, 131290.
- Shinwari, K. J., & Rao, P. S. (2020). Development of a reduced-calorie high pressure processed sapodilla (*Manilkara zapota* L.) jam based on rheological, textural, and sensory properties. *Journal of Food Science*, 85(9), 2699–2710.
- Silva, F. C. da, Guimarães, D. H. P., & Gasparetto, C. A. (2005). Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. *Food Science and Technology*, 25(1), 121–126.

