



# Comportamiento reológico de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) liofilizada con encapsulantes

Rheological behavior of mango pulp (*Mangifera indica* L.) lyophilized with encapsulant

Gamboa-Alarcón, Pedro Wilfredo<sup>1\*</sup>

Enriquez-Castillo, Diana Fiorella<sup>2</sup>

Suyón-Martínez, Juan Alberto<sup>1</sup>

Rodríguez-Paúcar, Gilbert Nilo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Santa, Ancash, Perú

<sup>2</sup>Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú

**Recibido:** 07 Oct. 2022 | **Aceptado:** 02 Dic. 2022 | **Publicado:** 20 Ene. 2023

**Autor de correspondencia\*:** [pgamboa@unach.edu.pe](mailto:pgamboa@unach.edu.pe)

**Cómo citar este artículo:** Gamboa-Alarcón, P. W., Enriquez-Castillo, D. F., Suyón-Martínez, J. A. & Rodríguez Paúcar, G. N. (2023). Comportamiento reológico de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) liofilizada con encapsulantes. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e436. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.436>

## RESUMEN

El mango es un fruto exótico con gran potencial agroindustrial y de elevado consumo por sus características nutricionales y atributos sensoriales. Sin embargo, son escasas las investigaciones acerca de las propiedades reológicas en pulpa de mango liofilizada que puedan ser utilizados en procesos agroindustriales. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la liofilización de pulpa de mango variedad Edward con encapsulantes, maltodextrina (M.D.) y goma arábiga (G.A.), sobre el comportamiento reológico. Los resultados evidenciaron que las formulaciones en pulpa de mango que no han sufrido ningún tipo de transformación frescas y liofilizadas tienen un comportamiento pseudoplástico y presentan un adecuado ajuste al modelo Mizrahi - Berk ( $R^2 > 0,99$ ). Las curvas de fluidez de las muestras de pulpa de mango liofilizadas presentan una disminución en la viscosidad aparente, siendo el tratamiento M6 (0% G.A. - 2% M.D.) el que mantiene similares características reológicas a la pulpa de mango fresco.

**Palabras clave:** curvas de fluidez; liofilización; maltodextrina

## ABSTRACT

Mango is an exotic fruit with great agro-industrial potential and high consumption due to its nutritional characteristics and sensory attributes. However, there is little research on the rheological properties of freeze-dried mango pulp that can be used in agro-industrial processes. The objective of this study was to evaluate the effect of freeze-drying Edward variety mango pulp with encapsulants, maltodextrin (MD) and gum arabic (GA), on rheological behavior. The results showed that mango pulp formulations that have not suffered any type of fresh and lyophilized transformation have a pseudoplastic behavior and present an adequate fit to the Mizrahi - Berk model ( $R^2 > 0.99$ ). The fluidity curves of the lyophilized mango pulp samples show a decrease in apparent viscosity, being the M6 treatment (0% G.A. - 2% M.D.) which maintains similar rheological characteristics to fresh mango pulp.

**Keywords:** flow curves; lyophilization; maltodextrin



## 1. INTRODUCCIÓN

El mango (*Mangifera indica* L.) es una de las frutas tropicales de mayor importancia económica a nivel mundial (Barreto et al., 2008), originario de la región tropical de Asia (Ortiz Gauthier, 2021). El mango en su composición nutricional posee cantidades considerables de vitamina A (201µg/100g alimento) y vitamina C (37mg/100g alimento) (Birkneh Legesse & Admassu Emire, 2012), además de carotenoides, vitamina E (1 mg/100g alimento), B1 (0,045mg/100g alimento), B2 (0,05mg/100g alimento) y Niacina (0,7/100g alimento), y minerales como calcio, hierro, fósforo (Lazarte & Nader-Macías, 2016; Rubiano-Charry et al., 2019). Esta fruta es cultivada en 85 países, siendo el Perú uno de ellos (Zhou et al., 2017).

El consumo mundial del fruto del mango se ha incrementado debido a sus excelentes propiedades sensoriales y nutricionales (Kim et al., 2009). Además de su comercio tradicional, la industrialización de este fruto está encaminada a minimizar las pérdidas por su alta perecibilidad y desarrollar productos de valor agregado como: pulpa de mango, néctar de mango, mango deshidratado, encurtido y otros de gran valor comercial. importancia en el mercado internacional (Rocha Ribeiro et al., 2007).

Asimismo, el método de secado por liofilización es una alternativa confiable para preservar las características sensoriales y nutricionales de los alimentos (Surco-Laos et al., 2017). En comparación con otros métodos de deshidratación, en la liofilización el producto se somete a bajas temperaturas (-20°C a -50°C) y a condiciones especiales de presión que permiten obtener polvos alimenticios con estructura porosa, lo que facilita la rehidratación de los alimentos y la conservación de la mayoría de las propiedades iniciales (Nora et al., 2014).

En este mismo sentido, la encapsulación es una técnica de micro envasado que consiste en recubrir y proteger compuestos sensibles de los compuestos de degradación durante las condiciones de procesamiento (Popović et al., 2019). Los compuestos encapsulantes comúnmente utilizados son: maltodextrina y goma arábiga (Rocha Ribeiro et al., 2007). La maltodextrina es un hidrolizado de almidón y tiene una baja viscosidad que brinda protección contra la oxidación; sin embargo, baja capacidad emulsionante (Premi & Sharma, 2017). Asimismo, la goma arábiga es un polisacárido complejo con una estructura altamente ramificada, tiene características de baja viscosidad, buena eficiencia y proporciona solubilidad (Arteaga & Arteaga, 2016).

Por parte, la reología de los alimentos es muy importante hoy en día porque nos brindan información para el diseño de equipos de procesamiento; además, las propiedades sensoriales, la calidad del producto, la curva de flujo es lo más frecuente en la determinación del comportamiento reológico (Gul et al., 2017). Por tal motivo, esta investigación tiene como objetivo estudiar el efecto de la liofilización con encapsulantes en el comportamiento reológico de la pulpa de mango variedad Edward.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Materia prima

Se utilizó el mango (*Mangifera indica* L.) de la variedad Edward, proveniente de la campiña de Santa Sofía del Sur, distrito de Casma; provincia de Casma, departamento de Ancash. Los frutos fueron seleccionados visualmente utilizando la escala de colores de 1 a 5, con peso promedio de 320 g, se extrajeron frutos del mismo tamaño y color para obtener una muestra homogénea.

### 2.2. Métodos

#### Obtención de la pupa

Los frutos se lavaron y desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio 50 ppm por 5 minutos, a continuación, se aplicó el escaldado a 85 °C por 4 minutos y se procedió al pelado de los frutos, con cuchillo convencional. Una vez obtenida la pulpa entera del mango, se aplicó un proceso de homogenizado, con

licuadora marca Oster modelo BLST3BCPG, finalmente se refinó la pulpa de mango en un tamiz de acero inoxidable de 0.5 mm en diámetro.

### Caracterización fisicoquímica de la pulpa

Para determinar las características fisicoquímicas de la pulpa de mango, se extrajeron 3 muestras 20 ml. Con las muestras obtenidas, se procedió a determinar el contenido de vitamina C mediante la reducción del colorante 2,6 diclorofenolindofenol, acidez total (AOAC 950.07.1984), pH (AOAC 935.15.1980), sólidos solubles ( $^{\circ}$ Brix) y humedad (AOAC.1930.15.1990).

### Acondicionamiento y encapsulación de muestras.

En la Tabla 1 se presentan los 6 tratamientos analizados de pulpa de mango con maltodextrina (M.D.) y goma arábica (G.A.). Para la elaboración de la pulpa de mango encapsulada, según las formulaciones indicadas se adicionó G.A. y M.D a 100 ml de pulpa de mango. A las muestras de cada tratamiento se le aplicó una homogeneización manual, con batidor de acero inoxidable simple, durante 20 minutos:

**Tabla 1.**

*Formulación de encapsulantes*

Código	Formulación
M1	0% G.A. - 0% M.D.
M2	2% G.A. - 0% M.D. 1,5%
M3	G.A. - 0,5% M.D.
M4	1% G.A. - 1% M.D.
M5	0,5% G.A. - 1,5% M.D.
M6	0% G.A. - 2% M.D.

*Nota:* G.A.=Goma Arábica, M.D=Maltodextrina, para cada tipo de mezcla corresponde 100 g de pulpa fresca.

### Caracterización reológica de pulpa fresca de mango con encapsulantes

La caracterización reológica de los tratamientos de pulpa de mango con encapsulante se realizó con un reómetro de cilindros concéntricos para fluidos de pulpa simple (Brookfield R/S con SPIN CC - 40). El proceso se realizó por triplicado para cada uno de los tratamientos aplicados (M1, M2, M3, M4, M5, M6).

El rango de esfuerzo de corte aplicado fue de 0 a 30Pa y la velocidad de corte de 0 a 300s<sup>-1</sup>, se realizó en un rango de 4 minutos para cada muestra, previamente las muestras fueron estabilizadas a una temperatura de 30°C. Los reogramas se obtuvieron automáticamente en el software del reómetro.

### Liofilización de las muestras

Las seis muestras (M1, M2, M3, M4, M5, M6) se colocaron en seis placas de aluminio, cada una de las placas se pesó previamente, luego se sometieron a secado por sublimación inversa con el liofilizador Labconco FreeZone 6, serial N°. 190016, la temperatura de congelación fue de -25 °C, el vacío de 0,520 mbar y el tiempo total de trabajo del liofilizador es de 8 horas. El término de la operación fue indicado por la alarma del equipo, la humedad final de todas las muestras alcanzó el valor de 5%. Se utilizó un medidor de humedad de OHAUS modelo MB120.

### Rehidratación y reconstitución de simples

La cantidad de agua extraída durante la liofilización se calculó por diferencia de peso, luego se agregó a las placas la cantidad de agua perdida para cada una de las seis muestras (M1, M2, M3, M4, M5, M6), seguidamente se dejó reposar por 30 minutos. y homogenizado manualmente hasta que la pulpa recupere su consistencia inicial.

## Caracterización reológica de pulpa de mango liofilizada y rehidratada con encapsulantes

Se procedió a la caracterización reológica de muestras de pulpa de mango liofilizada y rehidratada, se siguió la metodología descrita para pulpa de mango fresca, es decir, se aplicó el esfuerzo de corte de 0 a 30 Pa y la velocidad de corte de 0 a 300s<sup>-1</sup>, a una temperatura de 30°C por intervalos de 4 min para cada muestra.

### 2.3. Análisis estadístico

Cada uno de los tratamientos se ajustó a las ecuaciones de los modelos reológicos, se utilizaron los valores promedio. Se utilizó el software Excel versión 2013, los datos obtenidos de las muestras analizadas; se realizaron curvas de fluidez y se ajustaron a la Ostwald-Waele; Casson; Modelo de Herschel Buckley y Mizarhi-Berk.

$$\text{Modelo de Ostwald: } \tau = k(\dot{\gamma})^{n-1}$$

$$\text{Modelo de Casson: } \tau^{1/2} = m\left(\frac{d\tau}{d\dot{\gamma}}\right)^{1/2} + \tau_0^{1/2}$$

$$\text{Modelo de Herschel Buckley: } \tau = \tau_0 + k(\dot{\gamma})^n$$

$$\text{Modelo Mizarhi-Berk: } \sigma^{0.5} = K_{OM} + K_M(\dot{\gamma})^n$$

Se determinaron los parámetros estadísticos de chi-cuadrado (X), suma de cuadrados de los residuales y coeficiente de regresión (R<sup>2</sup>).

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Características fisicoquímicas

La Tabla 2 muestra la caracterización fisicoquímica para la pulpa de mango fresco. Los resultados muestran que el grado de maduración de la pulpa de mango a 18 °Brix. Los grados brix presentes en la pulpa fresca de mango se encuentran dentro de los valores promedio de almacenamiento superiores a los 12 días de almacenamiento, 18° Brix (Quintero et al., 2013). En cuanto a la acidez y el pH, los resultados están relacionados con los estudios de Siller-Cepeda et al. (2009) quienes reportan que los mangos de maduración temprana durante el período de consumo tienen valores de pH entre 3,6-4,8 y baja acidez titulable de 0,1 a 0,5. 4,8 y baja acidez titulable de 0,1 a 0,5.

Los valores obtenidos de vitamina C, están por debajo de los reportados por Lazarte & Nader-Macías (2016) y Rubiano-Charry et al. (2019) quienes indican que el contenido de vitamina. El C presente en los mangos es cercano a los 37mg/100g de alimento, esta medida puede variar dependiendo de las condiciones de almacenamiento de la fruta. Esta diferencia se puede explicar por el grado de madurez de las pulpas de mango utilizadas en las investigaciones, así como las condiciones edafoclimáticas de su cultivo que tienen influencia en el contenido de vitamina C del fruto (Quintero et al., 2013).

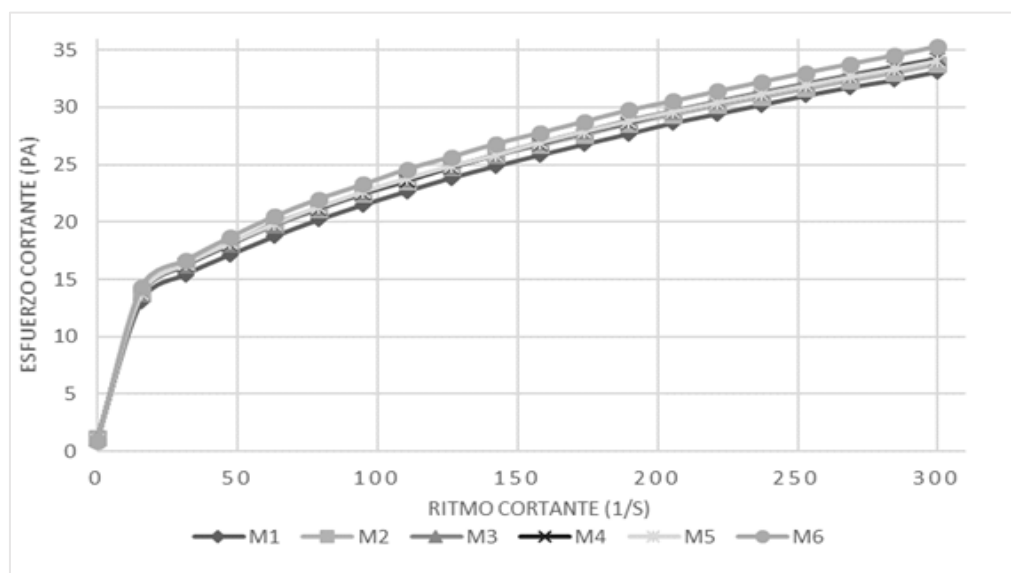
**Tabla 2.**

*Análisis fisicoquímico de pulpa de mango variedad Edward*

Parámetro	Pulpa de mango
Brix (%)	18
pH	4,94
Humedad (%)	77,40
Vitamina C (mg/100 g)	28,77
Acidez valorable (%)	0,28

### 3.2. Curvas de flujo de la pulpa fresca con encapsulantes

En la Figura 1 se muestran las curvas de fluidez calculadas para todas las mezclas de pulpa fresca de mango con encapsulantes, el rango de esfuerzo cortante aplicado fue de 0 a 35 Pa y la velocidad de corte de 0 a 300 s<sup>-1</sup> a una temperatura de 30°C. Las curvas de flujo de las pulpas frescas de mango muestran características de un fluido No Newtoniano de tipo pseudoplástico, debido a que presenta una tendencia no lineal con una curva cóncava (Camayo-Lapa et al., 2020).



**Figura 1.** Curva de flujo de pulpa fresca de mango variedad Edward con encapsulantes

En la Tabla 3 se muestra el análisis de los parámetros estadísticos de chi-cuadrado ( $\chi^2$ ), suma de residuos al cuadrado (SSR) y coeficiente de regresión ( $R^2$ ) para cada uno de los modelos a los que se ajustaron los resultados experimentales. Se puede observar que los modelos Ostwald - Waele, Casson, Herschel - Bulkley y Mizrahi - Berk. tienen un buen ajuste. Siendo este último el que presenta una mejor correlación con los datos obtenidos ( $R^2 > 0.99$ ) y una menor suma de residuos al cuadrado, en este caso el mejor modelo es Mizrahi - Berk como se muestra en la Tabla 3.

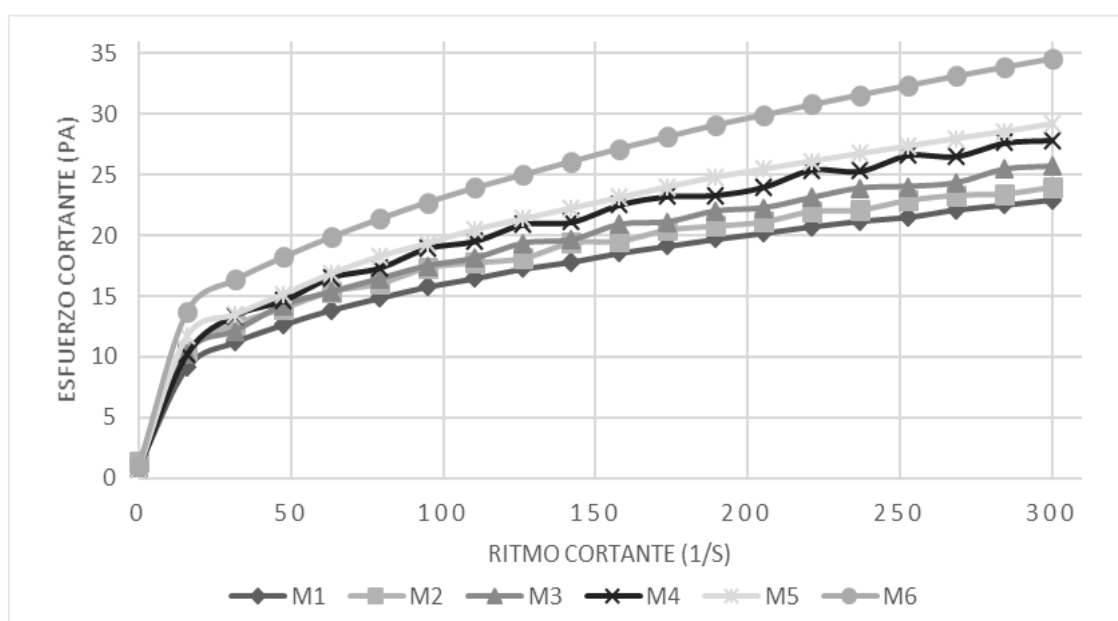
**Tabla 3.**

*Parámetros estadísticos para el ajuste de la curva de flujo de pulpa fresca de mango con encapsulantes*

Formulación		Ostwald - Waele	Casson	Herschel - Bulkley	Mizrahi - Berk
M1	X <sup>2</sup>	0,9313	14,9654	0,0055	0,0020
	SSR	0,9925	1,9640	0,0742	0,0005
	R <sup>2</sup>	0,9982	0,8639	0,9999	0,9999
M2	X <sup>2</sup>	1,3853	14,3491	0,0362	0,0323
	SSR	2,5743	2,0627	0,6662	0,0081
	R <sup>2</sup>	0,9955	0,8476	0,9988	0,9999
M3	X <sup>2</sup>	0,9295	19,0911	0,0576	0,0424
	SSR	1,8262	2,3278	0,9389	0,0106
	R <sup>2</sup>	0,9974	0,8603	0,9987	0,9994
M4	X <sup>2</sup>	0,8715	21,8582	0,0836	0,0825
	SSR	2,3896	2,5389	1,7115	0,0206
	R <sup>2</sup>	0,9972	0,8671	0,9980	0,9989
M5	X <sup>2</sup>	0,8838	24,4613	0,1270	0,0661
	SSR	2,1167	2,6953	1,2392	0,0168
	R <sup>2</sup>	0,9977	0,8646	0,9987	0,9992
M6	X <sup>2</sup>	1,2006	25,5420	0,1871	0,0818
	SSR	3,9590	2,9981	2,2697	0,0207
	R <sup>2</sup>	0,9969	0,8689	0,9982	0,9991

### 3.3. Curvas de flujo de pulpa de mango liofilizada y rehidratada con encapsulantes

La Figura 2 muestra las curvas de flujo de las mezclas de pulpa de mango con encapsulantes liofilizados, que posteriormente fueron reconstituidos. Los resultados obtenidos en la figura 2 concuerdan con lo informado por Gonzalez & Soto (2009) quienes mencionan que la pulpa de mango liofilizada reconstituida tiene propiedades reológicas características de un fluido pseudoplástico. Sin embargo, al compararlas con las curvas de flujo de las muestras de pulpa fresca de mango (figura 1) se observa que las pendientes de las curvas de flujo disminuyen al aumentar la velocidad de deformación, lo que según Figueroa-Flórez et al. (2017) se traduce en una disminución de la viscosidad aparente y según Pelegrine et al. (2002), confirma visualmente el comportamiento pseudoplástico de las muestras: este comportamiento es típico de las pulpas de frutas. Esto se debe a que el aumento de la temperatura produce una mayor interacción intermolecular en la fase acuosa de la pulpa, lo que provoca una repulsión entre las partículas en suspensión, menor resistencia al flujo y, en consecuencia, una disminución de la viscosidad aparente (Ferreira, 2009).



**Figura 2.** Curva de flujo de mango variedad Edward liofilizado y rehidratado con encapsulantes

En la Tabla 4, al igual que con las mezclas de mango fresco sin liofilizar, se muestra el análisis de los parámetros estadísticos para cada uno de los modelos a los que se ajustaron los resultados experimentales. Los datos reportados concuerdan con lo reportado en estudios previos por Bezerra et al. (2013), Figueroa-Flórez et al. (2017) y Ferreira (2009) quienes mencionan que el mejor modelo para ajustar los reogramas de pulpa y puré de fruta es el propuesto por Mizrai-Berk debido a que proporcionó el mejor parámetro de ajuste para los tratamientos de pulpa de mango, con valores menores para  $\chi^2$  y SSR y mayores para R2.

**Tabla 4.**

*Parámetros estadísticos para el ajuste de la curva de flujo de pulpa fresca de mango con encapsulantes*

Formulación		Ostwald - Waele	Casson	Herschel - Bulkley	Mizrahi - Berk
M1	X2	1,3528	20,1318	0,2364	0,1097
	SSR	4,7901	2,5599	2,7108	0,0279
	R <sup>2</sup>	0,9960	0,8808	0,9977	0,9987
M2	X2	1,3552	22,6061	0,1479	0,0683
	SSR	3,9776	2,8409	1,9050	0,0173
	R2	0,9967	0,8676	0,9984	0,9992
M3	X2	1,2020	25,0704	0,1876	0,0826
	SSR	3,9520	2,9571	2,2641	0,0209
	R2	0,9969	0,8691	0,9982	0,9991

M4	X2	1,1358	27,5524	0,1993	0,0893
	SSR	3,9414	3,1137	2,4286	0,0226
	R2	0,9968	0,8626	0,9981	0,9990
M5	X2	1,1060	28,1978	0,1641	0,0725
	SSR	3,4354	3,1674	2,0002	0,0184
	R2	0,9972	0,8602	0,9984	0,9992
M6	X2	1,0208	33,3798	0,2176	0,0987
	SSR	3,7904	3,4607	2,5560	0,0251
	R2	0,9972	0,8563	0,9981	0,9990

La Tabla 5 muestra las viscosidades de la pulpa de mango fresca y la pulpa de mango liofilizada reconstituida. Los resultados concuerdan con los mencionados por Mosquera-Vivas et al. (2019) y (Obregón & Obregón, 2019), quienes mencionan que el proceso de liofilización modifica la estructura interna de las pulpas a nivel celular, dificultando la reconstitución, así mismo Mosquera-Vivas et al. (2019) reportan una disminución de la viscosidad en el hidrocoloide liofilizado y rehidratado. A los resultados obtenidos se les aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk ( $p\text{-value}=0,796$ ) y la prueba de homogeneidad de varianza ( $p\text{-value}=0,9324$ ), las cuales determinaron que los errores se distribuyen normalmente y que existe homogeneidad entre la varianza de los tratos. La formulación M6 (0% GA – 2% MD) es el tratamiento que mantiene condiciones reológicas similares en pulpa fresca y pulpa liofilizada a lo reportado por de Araujo et al. (2016) y Sousa et al. (2017), en sus investigaciones indican que la adición de maltodextrina proporciona un aumento de la viscosidad aparente en las formulaciones de pulpa diluida. Asimismo, la liofilización ocasiona la disminución de la viscosidad, aun así, haya recuperado la totalidad del agua perdida; la viscosidad es un parámetro de calidad en la industria de las pulpas jugos y néctares.

**Tabla 5.**

*Viscosidad (mPa.s) de pulpa de mango fresca y pulpa de mango liofilizada rehidratada*

Formulación		No liofilizado	Liofilizado y rehidratado
M1	R1	223,268	160,230
	R2	231,114	164,440
	R3	227,191	168,650
M2	R1	239,126	174,322
	R2	234,834	179,634
	R3	236,980	184,946
M3	R1	236,365	186,212
	R2	238,135	182,241
	R3	237,250	178,270
M4	R1	229,541	193,569
	R2	245,961	194,269
	R3	237,751	194,969
M5	R1	236,981	196,369
	R2	240,051	202,843
	R3	238,516	209,317
M6	R1	249,128	231,128
	R2	242,702	239,654
	R3	246,047	248,180

#### 4. CONCLUSIONES

Se determinó la influencia de la liofilización de mezclas de pulpa de mango con maltodextrina y goma arábica, así como la pseudoplasticidad sobre la pulpa, estos valores se ajustaron a la ley de Mizrahi – Berk, obteniendo un buen ajuste con ( $R^2 > 0,99$ ). Las curvas de flujo de las muestras de pulpa de mango liofilizado del tratamiento M6 (0% G.A. – 2% M.D), muestran una disminución en la viscosidad aparente del tratamiento manteniendo características reológicas similares a las de la pulpa de mango fresca. Asimismo, al tener valores similares de viscosidad entre la pulpa fresca y pulpa liofilizada y rehidratada del

tratamiento (M6) es recomendable su aplicación industrial, por ser éste un parámetro de control de calidad en la industria de los fluidos alimentarios.

## FINANCIAMIENTO

Ninguno.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Gamboa-Alarcón, P. W., Enriquez-Castillo, D. F., Suyón-Martínez, J. A. y Rodríguez Paúcar, G. N.

Curación de datos: Enriquez-Castillo, D. F. y Suyón-Martínez, J. A.

Análisis formal: Gamboa-Alarcón, P. W.

Investigación: Enriquez-Castillo, D. F.

Metodología: Suyón-Martínez, J. A.

Supervisión: Rodríguez Paúcar, G. N.

Validación: Gamboa-Alarcón, P. W. y Rodríguez Paúcar, G. N.

Redacción - borrador original: Gamboa-Alarcón, P. W. y Enriquez-Castillo, D. F.

Redacción - revisión y edición: Suyón-Martínez, J. A. y Rodríguez Paúcar, G. N.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arteaga, A., & Arteaga, H. (2016). Optimization of the antioxidant capacity, anthocyanins and rehydration in powder of cranberry (*Vaccinium corymbosum*) microencapsulated with mixtures of hydrocolloids. *Scientia Agropecuaria*, 7, 191–200. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.05>
- Barreto, J. C., Trevisan, M. T. S., Hull, W. E., Erben, G., de Brito, E. S., Pfundstein, B., Würtele, G., Spiegelhalter, B., & Owen, R. W. (2008). Characterization and Quantitation of Polyphenolic Compounds in Bark, Kernel, Leaves, and Peel of Mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5599–5610. <https://doi.org/10.1021/jf800738r>
- 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(2), 155–162. <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000020>
- Birkneh Legesse, M., & Admassu Emire, S. (2012). Functional and physicochemical properties of mango seed kernels and wheat flour and their blends for biscuit production. *African Journal of Food Science and Technology*, 3(9), 193–203. <https://www.interestjournals.org/abstract/functional-and-physicochemical-properties-of-mangoseed-kernels-and-wheat-flour-and-their-blends-forbiscuit-production-16181.html>
- Camayo-Lapa, B., Quispe-Solano, M., De La Cruz-Porta, E., Manyari-Cervantes, G., Espinoza-Silva, C., & Huamán-De La Cruz, A. (2020). Pumpkin (Dutch maximum Dutch.) compote for infants, functional, low cost, preservative-free and of considerable shelf life: rheological, sensory, physicochemical, nutritional, and microbiological characteristics. *Scientia Agropecuaria*, 11(2), 203–212. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.07>
- de Araujo, D. R., de Lucena, E., Gomes, J., de Figueirêdo, R., & da Silva, C. (2016). Characterization of



- ripening stages of myrtle fruit. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 38(2).  
<https://doi.org/10.1590/0100-29452016712>
- Ferreira, G. M. (2009). Efeito da temperatura no comportamento reológico das polpas de caju e goiaba. *Revista Ciências Exatas e Naturais*, 4(2), 175–184.  
<https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/461>
- Figuroa-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](https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:748)
- Gonzalez, Z., & Soto, N. (2009). *Efecto de la liofilización sobre la viscosidad aparente de la pulparefinada de mango (Mangifera indica L.)* (pp. 116–122). Ciencia y Tecnología de Los Alimentos: Avances En Ingeniería y Tecnología Trabajos Completos Presentados al III Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Los Alimentos.
- Gul, O., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., Atalar, I., & Yazici, F. (2017). Effect of high pressure homogenization (HPH) on microstructure and rheological properties of hazelnut milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 411–420. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.05.002>
- Kim, Y., Lounds-Singleton, A. J., & Talcott, S. T. (2009). Antioxidant phytochemical and quality changes associated with hot water immersion treatment of mangoes (*Mangifera indica* L.). *Food Chemistry*, 115(3), 989–993. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.01.019>
- Lazarte, C. V., & Nader-Macías, M. E. F. (2016). *Aceptabilidad, conocimiento, consumo y composición química-nutricional del mango (Mangifera indica L.) y productos elaborados*. Publitec S.A.  
[http://www.publitem.com.ar/system/noticias.php?id\\_prod=809](http://www.publitem.com.ar/system/noticias.php?id_prod=809)
- Mosquera-Vivas, E. S., Ayala-Aponte, A. A., & Serna-Cock, L. (2019). Ultrasonido y Deshidratación Osmótica como Pretratamientos a la Liofilización de Melón (*Cucumis melo* L.). *Información Tecnológica*, 30(3), 179–188. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000300179>
- Nora, C. D., Müller, C. D.-R., de Bona, G. S., Rios, A. de O., Hertz, P. F., Jablonski, A., de Jong, E. V., & Flôres, S. H. (2014). Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 34(1), 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.01.006>
- Obregón, P., & Obregón, F. (2019). Obtaining a freeze-dried food based on passion fruit (*Passiflora edulis*) and camu camu (*Myrciaria dubia*). *Journal of Agro-Industry Sciences*, 1(1), 17–24.  
<https://doi.org/10.17268/JAIS.2019.003>
- Ortiz Gauthier, R. (2021). *Análisis interno y externo del sector industrial del mango en la región Piura* [Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4927>
- Pelegrine, D. H., Silva, F. C., & Gasparetto, C. A. (2002). Rheological Behavior of Pineapple and Mango Pulps. *LWT*, 35(8), 645–648. <https://doi.org/10.1006/fstl.2002.0920>
- Popović, D., Milinčić, D., Pešić, M., Kalušević, A., Tešić, Ž., & Nedović, V. (2019). Encapsulation technologies for polyphenol-loaded microparticles in food industry. In *Green Food Processing Techniques* (pp. 335–367). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815353-6.00012-4>
- Premi, M., & Sharma, H. K. (2017). Effect of different combinations of maltodextrin, gum arabic and whey protein concentrate on the encapsulation behavior and oxidative stability of spray dried drumstick (*Moringa oleifera*) oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105, 1232–1240.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.07.160>
- Quintero, V., Giraldo, G., Lucas, J., & Vasco, J. (2013). Caracterización fisicoquímica del mango común

- (mangifera indica l.) durante su proceso de maduración. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 8–18.  
<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/bioteologia/article/view/287>
- Rocha Ribeiro, S. M., Queiroz, J. H., Lopes Ribeiro de Queiroz, M. E., Campos, F. M., & Pinheiro Sant'Ana, H. M. (2007). Antioxidant in Mango (*Mangifera indica* L.) Pulp. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(1), 13–17. <https://doi.org/10.1007/s11130-006-0035-3>
- Rubiano-Charry, K. D., Ciro-Velásquez, H. J., & Aristizabal-Torres, I. D. (2019). Aprovechamiento de los subproductos del mango, como fuente de compuestos bioactivos, para la elaboración de rollos comestibles. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2).  
<https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1078>
- Siller-Cepeda, J., Muy-Rangel, D., Araiza-Lizarde, E., & Ireta-Ojeda, A. (2009). Calidad poscosecha de mango de maduración temprana, intermedia y tardía. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(1), 45–52.  
<https://revfitotecnia.mx/index.php/RFM/article/view/717>
- Sousa, S. de F., Queiroz, A. J. de M., Figueirêdo, R. M. F. de, & Silva, F. B. da. (2017). Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 20.  
<https://doi.org/10.1590/1981-6723.6716>
- Surco-Laos, F., Tipiana, R., Torres, Y., Panay, J., & Valle, M. (2017). Efectos de liofilización sobre composición química y capacidad antioxidante en pulpa de cuatro variedades de *Mangifera indica*. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 83(4), 412–419. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v83i4.214>
- Zhou, L., Guan, Y., Bi, J., Liu, X., Yi, J., Chen, Q., Wu, X., & Zhou, M. (2017). Change of the rheological properties of mango juice by high pressure homogenization. *LWT - Food Science and Technology*, 82, 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.04.038>