

# Optimización del proceso de liofilización de pulpa de maracuyá: efecto de diferentes aglomerantes en la cinética de secado y características del producto final

## Optimization of the passion pulp freeze-drying process: effect of different binders on drying kinetics and characteristics of the final product

Roder Williams TORRES LOJA<sup>1</sup>, Richer GARAY MONTES<sup>1</sup>, Mari Luz MEDINA VIVANCO<sup>1</sup>, Virne MEGO MEGO<sup>2</sup>, Pierre VIDAURRE ROJAS<sup>1</sup>, Ysmael GAMONAL CENTURION<sup>3</sup>

1 Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú.

2 Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, Perú.

3 Universidad César Vallejo, Tarapoto, Perú.

Recibido: 9/octubre/2023. Aceptado: 22/diciembre/2023.

### RESUMEN

**Introducción:** El estudio se centró en obtener pulpa liofilizada de maracuyá manteniendo su calidad sensorial y nutracéutica.

**Objetivo:** Se evaluaron diferentes concentraciones de aglomerantes en propiedades físico-químicas, solubilidad, color, vitamina C y polifenoles.

**Material y métodos:** Se examinó la cinética de secado por liofilización en un diseño factorial 3x3, los aglomerantes (goma arábica, almidón de arroz, pectina) y sus concentraciones impactaron fenoles totales, vitamina C, color y solubilidad.

**Resultados:** Destacaron la goma arábica al 1.5% y la pectina al 1.0% para preservar sabor y color, y la pectina al 0.75% mostró alta velocidad de secado.

**Conclusión:** La goma arábica sobresalió en fenoles totales, color y solubilidad, mientras que la pectina conservó mejor la vitamina C.

### PALABRAS CLAVE

Aglomerante, fenoles totales, goma arábica, solubilidad, vitamina C.

### Correspondencia:

Roder Williams Torres Loja  
roderwtorresloja@gmail.com

### ABSTRACT

**Introduction:** The study focused on obtaining freeze-dried passion fruit pulp while maintaining its sensorial and nutritional quality.

**Objective:** Different concentrations of binders were evaluated for physical-chemical properties, solubility, color, vitamin C and polyphenols.

**Methodology:** The freeze-drying kinetics were examined in a 3x3 factorial design, the binders (gum arabic, rice starch, pectin) and their concentrations impacted total phenols, vitamin C, color and solubility.

**Results:** They highlighted gum arabic at 1.5% and pectin at 1.0% to preserve flavor and color, and pectin at 0.75% showed high drying speed.

**Conclusion:** Gum Arabic excels in total phenols, color and solubility, while pectin preserves vitamin C better.

### KEY WORDS

Binder, total phenols, arabic gum, solubility, vitamin C.

### INTRODUCCIÓN

Actualmente, hay un creciente mercado de bebidas funcionales que incluye néctares, jugos de frutas y refrescos<sup>1,2</sup>. Las frutas tropicales son ricas en compuestos fenólicos, vitamina C, antioxidantes y carotenoides, lo cual brinda beneficios nutricionales<sup>3</sup>. Esto crea una oportunidad para aprovechar las

frutas tropicales y exóticas en la industria alimentaria. Sin embargo, es crucial comprender cómo los procesos industriales afectan los aspectos químicos, propiedades físicas, nutricionales y funcionales de estas frutas, para optimizar su procesamiento a nivel industrial<sup>4</sup>.

Asimismo, la demanda de bebidas funcionales e ingredientes naturales está en aumento debido a las tendencias de salud y bienestar. Esto impulsa el lanzamiento de nuevos productos que no solo tienen valor nutritivo, sino que también brindan beneficios para las funciones del cuerpo humano<sup>5,6</sup>.

El maracuyá (*Passiflora edulis*) es un cultivo importante a nivel económico y a nivel mundial<sup>7</sup>. La pulpa de esta fruta es valorada por sus características organolépticas y se utiliza ampliamente en la industria para hacer jugos, pulpa congelada y néctares<sup>8</sup>. Estudios recientes han demostrado que la pulpa de maracuyá contiene compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y actividad biológica significativa<sup>9</sup>. La liofilización es una técnica muy empleada en la preservación de alimentos, ya que ofrece múltiples ventajas<sup>10</sup>.

Este proceso de preservación de alimentos es una combinación de dos métodos, el de la congelación y la deshidratación, y se realiza mediante la eliminación del agua presente en el alimento<sup>11</sup>. No obstante, uno de los desafíos más comunes es prolongar la vida útil de los alimentos sin afectar significativamente sus propiedades físico-químicas y su calidad. El proceso de liofilización es, por lo tanto, esencial para mantener la concentración de vitaminas y fenoles totales presente en la pulpa del maracuyá y evitar su deterioro debido a la sensibilidad a factores como la oxidación, los cambios de pH, la temperatura y la luz<sup>12</sup>.

El fruto de maracuyá posee alto índice de perecimiento por lo que surge la necesidad de investigar este cultivo y revalidar sus propiedades, brindando un valor agregado como es la liofilización, los pocos intentos de su conservación de esta fruta solo se los ha hecho en conserva, infusión, jugos, concentrada y congelada. Por tal motivo el objetivo fue obtener pulpa liofilizada de maracuyá manteniendo su calidad sensorial y nutracéutica.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio experimental utilizando un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA) con un arreglo factorial de dos factores en un diseño 3x3 (Tratamiento, Tipo Aglomerante, Concentración), con tres repeticiones, lo que resultó en un total de 27 experimentos (T1, G1, 0.5; T2, G2, 1.0; T3, G3, 1.5; T4, A1, 0.5, T5, A2, 1.0; T6, A3, 1.5; T7, P1, 0.25, T8, P2, 0.5, T9, P3, 0.75).

Los factores evaluados fueron el tipo de aglomerante y su concentración. Los niveles de concentración utilizados fueron 0.5% (G1), 1.0% (G2) y 1.5% (G3) para la goma arábiga, 0.5% (A1), 1.0% (A2) y 1.5% (A3) para el almidón de arroz, y 0.25% (P1), 0.50% (P2) y 0.75% (P3) para la pectina. Se

analizó la pérdida de calidad nutracéutica, específicamente la vitamina C y los fenoles totales, en la pulpa de maracuyá liofilizada. En el proceso de liofilización, se aplicaron ciertos parámetros, en la etapa de congelado, se utilizó una temperatura de -25°C durante 14 horas, una vez finalizada esta etapa, se procedió al secado bajo una presión de vacío de 0.002 durante un periodo de 24 horas.

## Condiciones del proceso

Se recolectaron frutos de maracuyá (*Passiflora edulis*) teniendo en cuenta el color amarillo del epicarpio y seleccionando las mejores plantas en términos de rendimiento. Estos frutos fueron recolectados en el fundo "Miramar", ubicado en el centro poblado Naranjillo, distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, región de San Martín, Perú, durante los meses de agosto a septiembre del año 2021. Después de separar las impurezas y clasificarlos, se realizaron análisis para determinar su color, sabor, composición proximal, contenido de fenoles totales y ácido ascórbico.

## Determinación de cinética de secado

La cinética de secado fue determinada mediante pesado las primeras 4 horas cada media hora y después cada hora hasta completar el tiempo establecido de 24 horas, las muestras de pulpa de maracuyá congelada fueron pesadas en una balanza analítica de precisión de 0.001g. Con los datos obtenidos, se construyeron las curvas de secado (humedad vs, tiempo) y las curvas de velocidad de secado (velocidad de secado vs. humedad)<sup>13</sup>. Los resultados obtenidos en los diferentes tratamientos de liofilización aplicados fueron analizados en la ecuación de velocidad de secado expresada en la siguiente fórmula:

$$R = -\frac{Ls}{A} * \frac{dX}{dt}$$

Donde R: velocidad de secado, (kg H<sub>2</sub>O/ hm<sup>2</sup>),  $\partial x/\partial t$ = pérdida de humedad de la muestra en la unidad de tiempo, Ls = peso de sólido seco (kg) y A = área de superficie expuesta al secado (m<sup>2</sup>).

Asimismo, para modelar el proceso de secado, los datos experimentales fueron ajustados al modelo Page:

$$\frac{w - w_e}{w_o - w_e} = C \exp(-Kt^n)$$

Dónde: W: humedad media, We: humedad de equilibrio, Wo: humedad inicial, C, K y n: parámetros del modelo.

## Determinación de la vitamina C por espectrofotometría

Se determinó la vitamina C (AA) con el reactivo 2,6 diclorofenolindofenol, usando una curva patrón en un rango de concentración (0,021 – 1) mg/ml<sup>14</sup>. Se preparó el colorante 2,6 diclorofenolindofenol en una fiola de 100 ml. Se diluyó la

sal en agua destilada, se agitó y se sometió a un baño maría con ultrasonido. Se usaron 100 ul de ácido ascórbico con un 99% de pureza, que se mezclaron con 900 ul de 2,6 dicloro-fenolindofenol al 1% creando combinaciones en los rangos ya mencionados. Estas se analizaron en un espectrofotómetro y se generó una curva patrón. La lectura de absorbancia se registró a una longitud de onda de 515 nm. Se sustituyeron los datos de absorbancia obtenidos con las muestras de maracuyá utilizando la siguiente ecuación:

$$A_{515 \text{ nm}} = A_{\text{control}} - A_{\text{muestra}}$$

### Determinación del color

Se utilizó un colorímetro triestímulo portátil de la marca Minolta CR-400 para medir el color de las muestras de maracuyá. Se calibró el sistema CIELab utilizando un patrón blanco y se obtuvieron los valores de color. Luego, se compararon los resultados de las muestras de pulpa fresca con las muestras sometidas al proceso de liofilización, donde los valores de color se obtuvieron siguiendo la escala CIELAB con valores  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  <sup>15</sup>.

$$IC = \frac{a^* \cdot 1000}{L^* \cdot b^*}$$

Dónde  $a^*$ : componente verde-rojo;  $L^*$ : intensidad del color y  $b^*$  componente azul-amarillo

### Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico utilizando el análisis de varianza con un nivel de significancia del 95% y la prueba de Tukey para evaluar si existían diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados se presentaron a través de gráficas de superficie de respuesta generadas con el programa Statistic v10.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Características de la materia prima

Los datos físicos y químicos del fruto fresco de maracuyá utilizado en el experimento fueron: Peso (g):  $219.05 \pm 10.52$ ; Diámetro (mm):  $79.89 \pm 11.18$ ; Longitud (mm):  $85.39 \pm 13.01$ ; Acidez (%):  $4.31 \pm 1.10$ ; pH:  $2.73 \pm 0.25$ ; Brix:  $14.85 \pm 0.05$ ; Humedad (%):  $82.95 \pm 0.89$ .

Los valores de acidez, pH, sólidos solubles y humedad de los frutos de maracuyá analizados se encontraron dentro del rango reportado por Reina-García & Parra-González (2018) que es 2.9% a 5.0% de acidez, 2.8 a 3.3 de pH, 12.5% a 18.0% de sólidos solubles y 85.9% de humedad respectivamente.

### Curvas de secado por liofilización

En la Figura 1 se presentan las curvas de secado correspondientes a los 9 tratamientos, donde se pueden apreciar

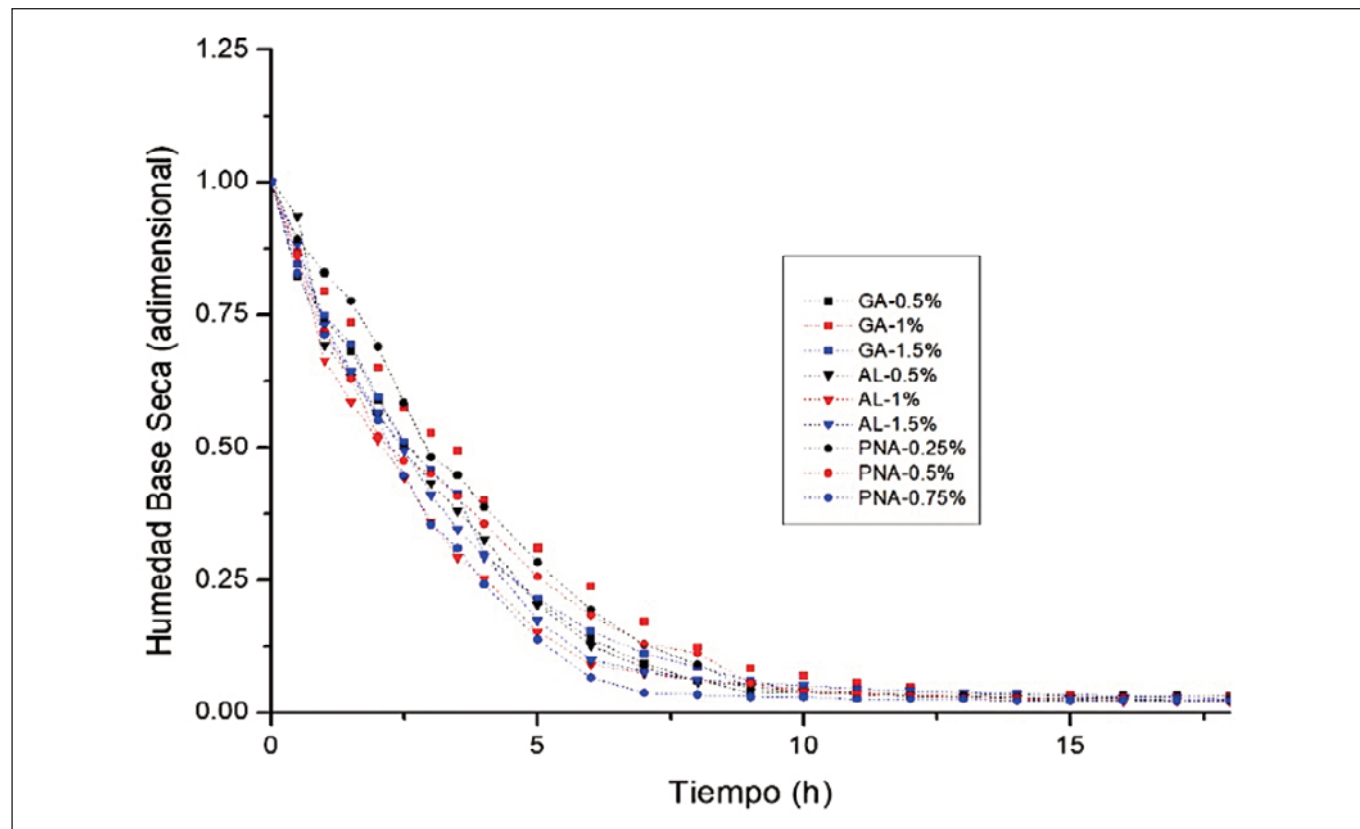


Figura 1. Cinética de pérdida de humedad en liofilización de maracuyá

que los tratamientos con adición de pectina presentaron mayor velocidad de secado, mayor pendiente, observándose, por ejemplo, que a las 06:0 h de secado, la pulpa con adición de 0.75% de pectina tuvo menor contenido de humedad.

La velocidad de secado fue mayor cuando se adicionó pectina, seguida de la pulpa con adición de almidón de arroz y por último cuando se adicionó goma arábica. Esto posiblemente se debió a la diferente interacción del aglomerante con los componentes de la pulpa. En la segunda región, la velocidad de secado disminuye rápidamente, lo cual coincide con lo informado por en el estudio de Jia et al<sup>16</sup> sobre productos agrícolas.

### Velocidad y cinética de secado

En la Tabla 1 se presenta los valores de velocidad y humedad crítica de secado para la pulpa de maracuyá obtenido mediante el proceso de liofilización. Los datos experimentales se ajustaron al modelo Page (Tabla 2), demostrando un buen grado de ajuste con valores de R<sup>2</sup> entre 0.80 y 0.93. El tratamiento que mejor se ajustó al modelo fue el aglomerante almidón de arroz con una concentración del 1.50%, y los parámetros n y k3 obtuvieron valores de R<sup>2</sup> inferiores a 0.934.

Al comparar estos resultados con los reportados por Ansar et al<sup>17</sup> en su estudio sobre el efecto de las condiciones de secado en extracto de maracuyá, se observó que los valores obtenidos en esta investigación utilizando almidón de arroz como aglomerante fueron superiores a los reportados previamente.

### Análisis sensorial del producto liofilizado

En la Figura 2A, se muestra el grafico del sabor en función de la concentración y tipo de aglomerante, mostrándose un

**Tabla 1.** Valores de la humedad y velocidad crítica

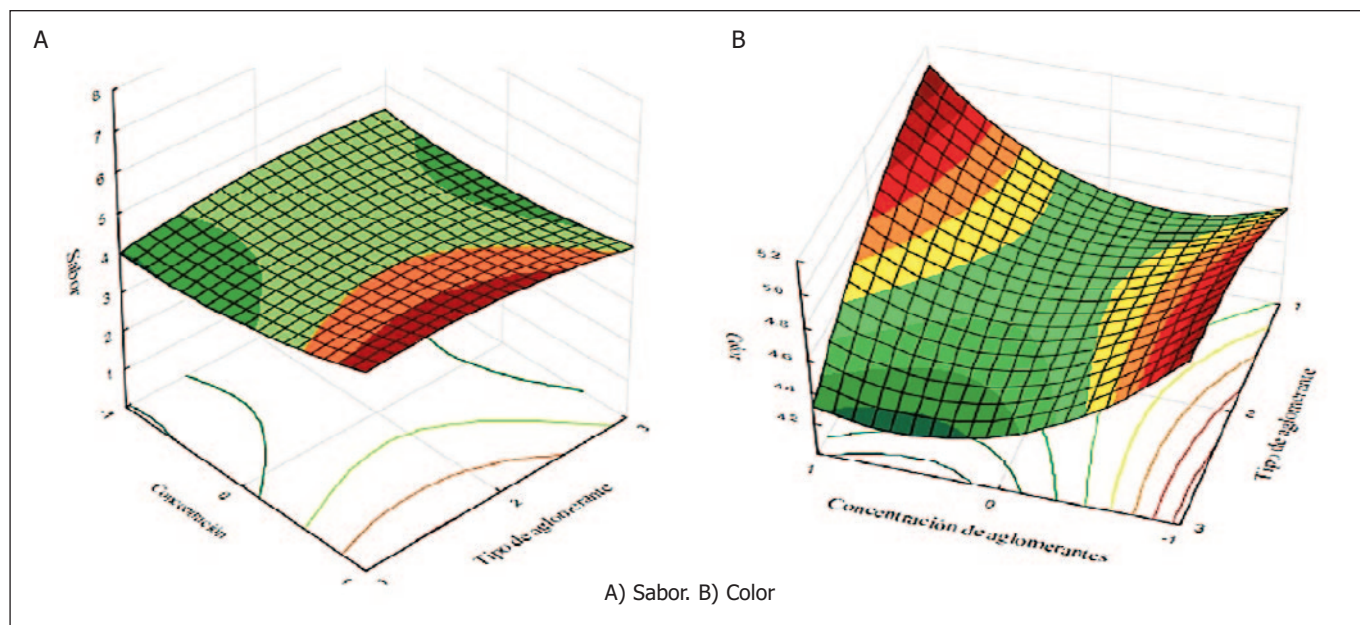
Tipo de aglomerante	Concentración	Humedad crítica	Velocidad crítica
Goma arábica	0,5%	0,645	0,0703
	1,0%	0,685	0,0848
	1,5%	0,726	0,0915
Almidón de arroz	0,5%	0,518	0,066
	1,0%	0,412	0,1165
	1,5%	0,723	0,117
Pectina	0,25%	0,658	0,106
	0,5%	0,618	0,105
	0,75%	0,513	0,0742

plano casi horizontal, así mismo el ANVA confirma esta apreciación de no influencia significativa ( $P>0.05$ ) de los factores estudiados. Este resultado significa que, cuando aumento la concentración (en los niveles estudiados) de los tres tipos de aglomerante el sabor no cambia. El sabor es independiente de la cantidad y tipo de aglomerante utilizado en este estudio. En cuanto a la Figura 2B, se muestra el grafico del color en función de la concentración y tipo de aglomerante, a medida que se incrementó la concentración del aglomerante 1, aumento la apreciación del color y al incrementar la concentración del aglomerante 3 (pectina), disminuyo la aprobación del color, pero sin embargo haciendo el análisis estadístico ninguno de los factores influyó significativamente en el color ( $P>0.05$ ).

**Tabla 2.** Valores de k y n obtenidos de la velocidad de secado

Tipo de aglomerante	Concentración de aglomerante (%)	Ecuación Page $y=\exp(-k.tn)$		R <sup>2</sup>	Chi-Sqr
		k	n		
Goma arábica	0.50	2.25228	-0.28300	0.80	3.16E-04
Goma arábica	1.00	2.17887	-0.25160	0.84	2.85E-04
Goma arábica	1.50	2.17099	-0.29313	0.84	2.83E-04
Almidón de arroz	0.50	2.06266	-0.37004	0.88	2.37E-04
Almidón de arroz	1.00	1.92886	-0.45543	0.87	3.13E-04
Almidón de arroz	1.50	2.05207	-0.33578	0.93	1.28E-04
Pectina	0.25	2.28771	-0.21911	0.89	2.39E-04
Pectina	0.50	1.98943	-0.44293	0.88	2.62E-04
Pectina	0.75	2.25643	-0.33624	0.91	1.22E-04





**Figura 2.** Respuesta a la interacción de la concentración y tipo de aglomerante en la pulpa liofilizada de maracuyá

El resultado se explica por lo mencionado por Cao et al. (2021), quien afirma que la goma arábica como aglomerante mejora la sublimación y las características del producto final. Esto se observa en las Figuras 2A y 2B, donde se muestra que la goma arábica conserva mejor el sabor y la pectina y la goma arábica conservan mejor el color en cantidades máximas de aglomerante.

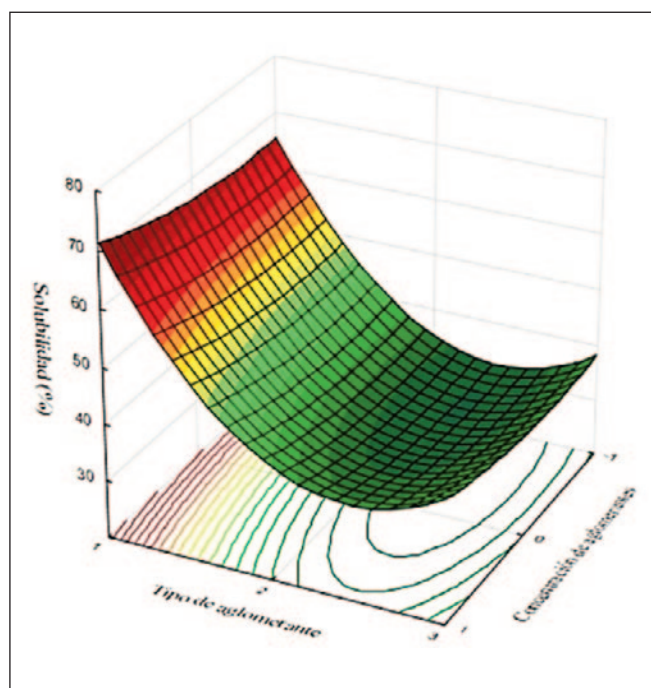
### **Solubilidad de la pulpa liofilizada de maracuyá**

En la Figura 3 se muestra la variación de la solubilidad en la pulpa liofilizada, el análisis estadístico revela una influencia significativa ( $P < 0.05$ ) del tipo de aglomerante en la solubilidad, mostrando una mayor solubilidad cuando se utiliza goma arábica. No se encontró evidencia significativa de interacción entre los factores evaluados ( $P > 0.05$ ).

Sin embargo, a medida que se aumenta la concentración de los aglomerantes, no se observa un incremento en la solubilidad, lo cual contradice lo reportado por Vargas-Muñoz<sup>19</sup>, quien sugirió que la solubilidad aumenta con la concentración del soluto en el rango estudiado. Es relevante destacar que la goma arábica presenta una alta solubilidad ( $67.61 \pm 0.26$ ) en comparación con el almidón de arroz y la pectina, debido a sus propiedades intrínsecas, como su capacidad de disolverse en agua hasta un 50% y su baja viscosidad, como lo indicado por Cao et al<sup>18</sup>.

### **Contenido de vitamina C y polifenoles del polvo deshidratado de maracuyá**

En la Tabla 3 se presenta la variación de los fenoles totales y ácido ascórbico de la pulpa de maracuyá y liofilizado.



**Figura 3.** Variación de la solubilidad de la pulpa liofilizada del maracuyá

Los resultados indican diferencias significativas entre los tratamientos evaluados y su efecto en los fenoles totales y el ácido ascórbico durante la liofilización. La pulpa fresca mostró un mayor contenido de fenoles totales en comparación con la pulpa liofilizada debido a la degradación enzimática y la sensibilidad durante el proceso de liofilización. La goma arábica demostró una mayor capacidad para preservar los

**Tabla 3.** Variación de los fenoles totales y ácido ascórbico

Tipo de aglomerante	Concentración de aglomerante (%)	Fenoles totales (mg GAE/g)		Ácido ascórbico (mg/mL)	
		Pulpa fresca	Liofilizado	Pulpa fresca	Liofilizado
Sin aglomerante		59.985±0.56H =82.95% (b.s.)		27.821±1.03	
Goma arábica	0.50	51.582cb	27.966a	27.726b	27.583ba
	1.00	47.412d	28.404a	27.559b	23.696c
	1.50	61.210a	32.127a	27.690bc	29.426a
Almidón de arroz	0.50	53.516b	22.206b	27.595dc	25.634c
	1.00	49.970cbd	20.736cb	27.548d	26.802bac
	1.50	49.733cbd	22.748b	27.857a	29.497a
Pectina	0.25	45.972ed	22.524b	27.797ba	28.415ba
	0.50	49.003cd	20.787cb	27.762ba	28.261ba
	0.75	43.049e	17.589c	27.785d	28.392ba

Nota: Medias con la misma letra en la columna no difieren según la prueba de Tukey al 5% de probabilidad.

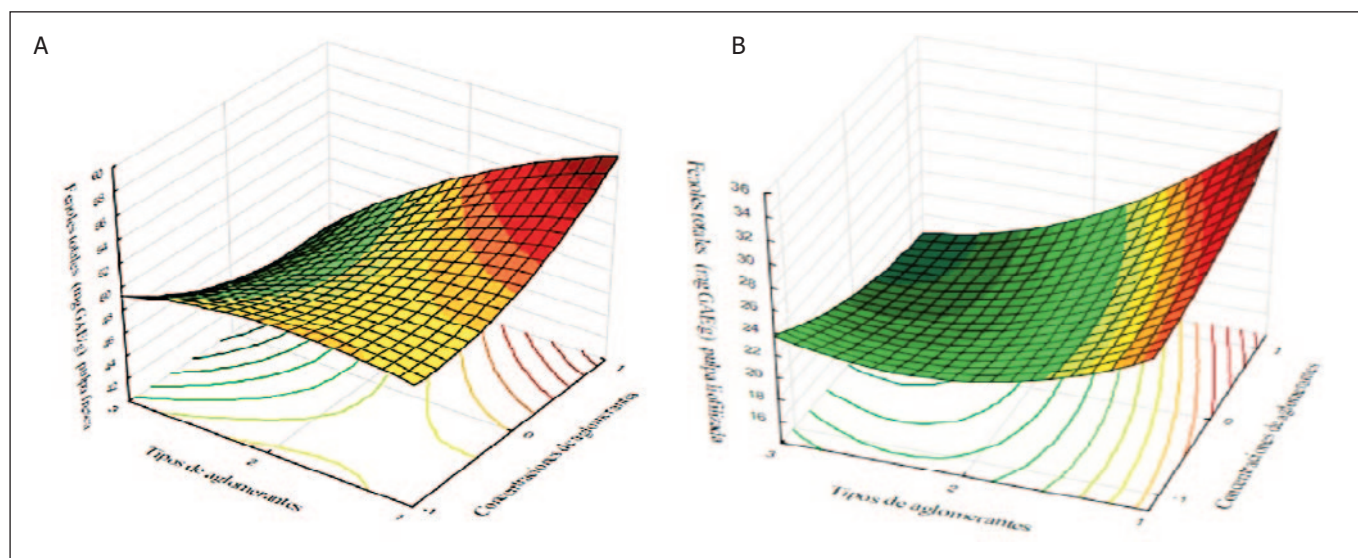
fenoles totales, mientras que la pectina conservó mejor el ácido ascórbico.

Según el estudio realizado por Cortez et al<sup>20</sup> demostró que la vitamina C (AA) y los fenoles totales son susceptibles a la oxidación durante la liofilización, lo que conduce a la pérdida de polifenoles. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar el impacto del proceso de liofilización y la elección del aglomerante en la preservación de los compuestos bioactivos en la pulpa de maracuyá y sugieren la necesidad de explorar nuevas estrategias para mejorar la retención de estos compuestos durante la liofilización. Sin embargo, ambos trata-

mientos presentaron resultados inferiores a los niveles encontrados en el jugo de maracuyá sin liofilizar, la goma arábica demostró menor pérdida de fenoles totales y ácido ascórbico, esto se debe a las propiedades antioxidantes, lo que ayuda a proteger los alimentos liofilizados contra la oxidación.

### ***Influencia de la concentración de tres aglomerantes en el contenido de vitamina C y polifenoles***

La Figura 4A y 4B muestran la concentración de fenoles totales en la pulpa de maracuyá antes y después de la liofiliza-

**Figura 4.** Concentración fenoles totales. A) Antes liofilizado. B) Después liofilizado

ción. Ambas figuras evidencian que la goma arábica como aglomerante conserva mejor el contenido de fenoles totales en comparación con la pectina.

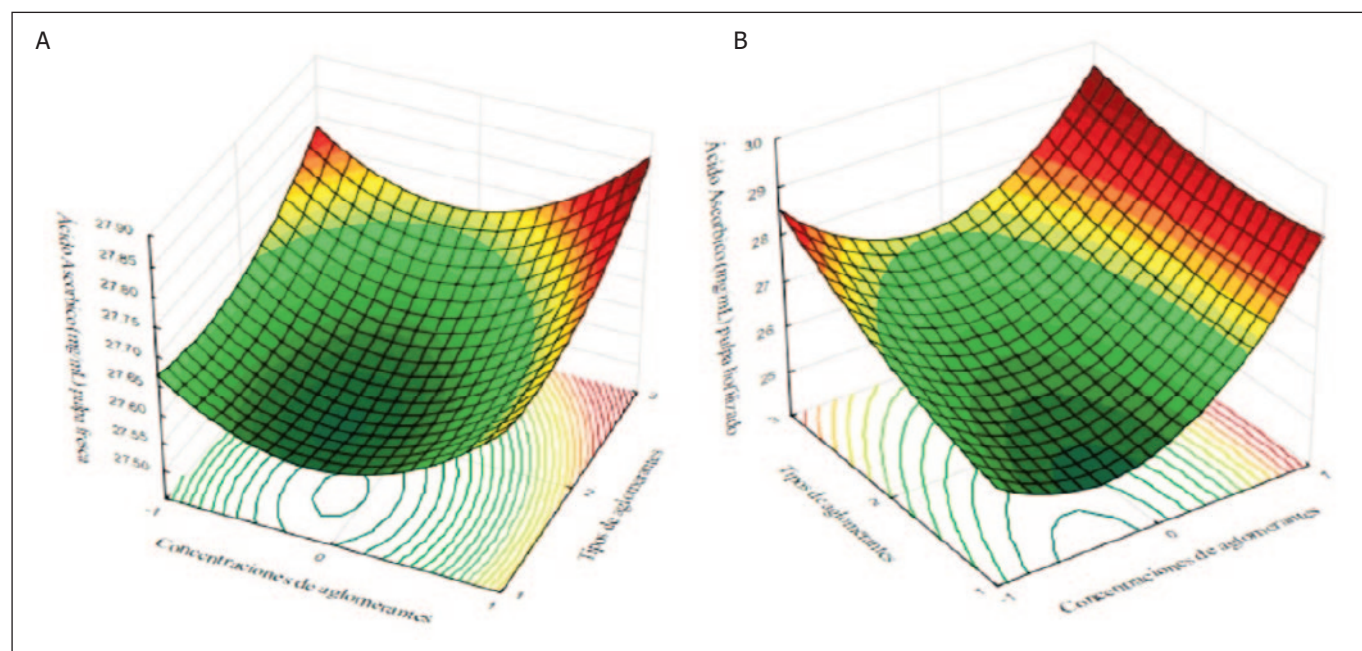
En las Figuras 5A y 5B se aprecia que el tipo de aglomerante utilizado no afectó la conservación del ácido ascórbico, pero sí se vio influenciada por la concentración.

Los resultados de este estudio corroboran los hallazgos de De-LaFuente<sup>21</sup>, quien también encontró una relación positiva en la conservación de compuestos antioxidantes en acerola y kiwi liofilizados. Por otra parte, los resultados muestran que a

medida que aumentó la concentración de pectina, se observó un mayor incremento en el contenido de ácido ascórbico en los niveles analizados. Según Wan et al<sup>22</sup>, esto se debe a medida que se aumenta la concentración de pectina, se obtiene una textura más fuerte debido a la presencia de calcio, que forma geles de mayor elasticidad.

### Humedad

La Tabla 4 presenta los niveles de humedad de la pulpa fresca antes y después de un proceso de liofilización de



**Figura 5.** Concentración ácido ascórbico. A) Antes liofilizado. B) Después liofilizado

**Tabla 4.** Humedad antes y después del liofilizado de la pulpa de maracuyá

Tipo de aglomerante	Concentración de aglomerante (%)	Porcentaje de humedad	
		Pulpa fresca	Liofilizado
Sin aglomerante		H =87.58% (b.h.)	
Goma arábica	0.5	86.51	10.69
	1	86.24	11.06
	1.5	86.11	12.58
Almidón de arroz	0.5	86.97	8.43
	1	86.59	8.222
	1.5	86.32	8.701
Pectina	0.25	87.02	6.3
	0.5	86.72	7.78
	0.75	86.25	7.46



24 horas. Se observa que después del proceso, la pulpa muestra una alta humedad. Es relevante destacar que el aglomerante utilizado, específicamente la goma arábiga, presenta un mayor porcentaje de humedad en comparación con los tratamientos de almidón y pectina.

Además, es importante mencionar que se registraron los pesos de forma manual, lo que implica retirar y volver a colocar el producto en la cámara de liofilización. Esto prolongó el tiempo total del proceso y permitió que el producto absorbiera más humedad del entorno circundante. Esta exposición prolongada a temperaturas y humedad ambiente contribuyó a la degradación de componentes sensibles de la fruta de maracuyá, como la vitamina C y los polifenoles. Según los hallazgos de Fang & Bhandari<sup>23</sup>, el método manual de registro de pesos durante la liofilización puede llevar a una mayor absorción de humedad del entorno circundante, lo que contribuye a la degradación de componentes sensibles.

## CONCLUSIÓN

El estudio sobre la liofilización de la pulpa de maracuyá con diferentes aglomerantes reveló impactos significativos en propiedades sensoriales y nutricionales. Los aglomerantes, especialmente la goma arábiga y la pectina en concentraciones específicas, demostraron influencias positivas en la preservación de sabor, color, vitamina C y fenoles totales. Además, se observó una relación directa entre la concentración de pectina y la velocidad de secado. Estos hallazgos destacan la importancia de seleccionar cuidadosamente los aglomerantes para lograr resultados óptimos en la liofilización de la pulpa de maracuyá.

## FUENTE DE FINANCIAMIENTO

La investigación recibió financiamiento de la Universidad Nacional de San Martín mediante Resolución N° 524-2017-UNSM/CU-R/NLU, en el marco del "Concurso de Proyectos de Investigación para Tesis a Nivel de Pre-grado financiados por la UNSM-T periodo 2017".

## BIBLIOGRAFÍA

- Ruiz-Rodríguez LG, Zamora-Gasga VM, Pescuma M, Van-Nieuwenhove C, Mozzi F, Sánchez-Burgos JA. Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages. *Food Res Int*. 2021 Feb;140:109854.
- Muñoz Murillo P, García Mendoza J, Saltos Alcívar S. Néctar a base de pitahaya (*Hylocereus undatus*) con harina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis flavicarpa*): Compuestos antioxidantes, estabilidad fisicoquímica y aceptabilidad sensorial. *Nutr Clínica y Dietética Hosp* [Internet]. 2023 Jul 26;43(3 SE-Artículos originales). Available from: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/394>
- Gamboa-Alarcón PW, Enriquez-Castillo DF, Suyón-Martínez JA, Rodríguez-Paúcar GN. Comportamiento reológico de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.) liofilizada con encapsulantes. *Rev Agrotecnológica Amaz*. 2023 Jan;3(1):e436.
- Žuntar I, Petric Z, Bursać-Kovačević D, Putnik P. Safety of Probiotics: Functional Fruit Beverages and Nutraceuticals. *Foods*. 2020 Jul;9(7):947.
- Domínguez-Díaz L, Fernández-Ruiz V, Cámara M. An international regulatory review of food health-related claims in functional food products labeling. *J Funct Foods*. 2020 May;68:103896.
- QUISPE-HERRERA R, BELIZARIO-FERREL JC, QUISPE-SOLÍS JC, QUISPE-SOLÍS H, PAREDES-VALVERDE Y, CAHUANA-MAMANI P, et al. Capacidad antioxidante del néctar de unguahú (*Oenocarpus bataua*). *Nutr Clínica y Dietética Hosp* [Internet]. 2022 Mar 29;42(01 SE-Artículos originales). Available from: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/209>
- Reina-García JD, Parra-González SD. Germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya* L.) y maracuyá (*Passiflora edulis*) utilizando sustratos orgánicos. *Rev Sist Prod Agroecol*. 2018 Dec;9(2):18–35.
- Salazar AH, Silva DFP, Picoli ET, Bruckner CH. Desenvolvimento, florescimento e análise morfoanômica do maracujazeiro-amarelo enxertado em espécies silvestres do gênero passiflora. *Rev Bras Ciências Agrárias - Brazilian J Agric Sci*. 2016 Dec;11(4):323–9.
- Enriquez-Valencia S, Salazar-López N, Robles-Sanchez M, González-Aguilar G, Ayala-Zavala J, Lopez-Martinez L. Propiedades bioactivas de frutas tropicales exóticas y sus beneficios a la salud. *Arch Latinoam Nutr*. 2020 Sep;70(3):205–14.
- Langford A, Bhatnagar B, Walters R, Tchessalov S, Ohtake S. Drying technologies for biopharmaceutical applications: Recent developments and future direction. *Dry Technol*. 2018 Apr;36(6):677–84.
- Bhatta S, Stevanovic-Janezic T, Ratti C. Freeze-Drying of Plant-Based Foods. *Foods*. 2020 Jan;9(1):87.
- Tarte I, Singh A, Dar AH, Sharma A, Altaf A, Sharma P. Unfolding the potential of dragon fruit (*Hylocereus* spp.) for value addition: A review. *eFood* [Internet]. 2023 Apr 20;4(2). Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/efd.276>
- Zielinska M, Sadowski P, Błaszczak W. Combined hot air convective drying and microwave-vacuum drying of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.): Drying kinetics and quality characteristics. *Dry Technol*. 2016 Apr;34(6):665–84.
- da Silva TL, Aguiar-Oliveira E, Mazalli MR, Kamimura ES, Maldonado RR. Comparison between titrimetric and spectrophotometric methods for quantification of vitamin C. *Food Chem*. 2017 Jun;224:92–6.
- Angonese M, Motta GE, Silva-de-Farias N, Molognoni L, Daguer H, Brugnerotto P, et al. Organic dragon fruits (*Hylocereus undatus* and *Hylocereus polyrhizus*) grown at the same edaphoclimatic conditions: Comparison of phenolic and organic acids profiles and antioxidant activities. *LWT*. 2021 Sep;149:111924.
- Jia Y, Khalifa I, Hu L, Zhu W, Li J, Li K, et al. Influence of three different drying techniques on persimmon chips' characteristics:



- A comparison study among hot-air, combined hot-air-microwave, and vacuum-freeze drying techniques. *Food Bioprod Process.* 2019 Nov;118:67–76.
17. Ansar, Nazaruiddin, Azis A. Effect of vacuum freeze-drying condition and maltodextrin on the physical and sensory characteristics of passion fruit (*Passiflora edulis sims*) extract. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci.* 2019 Nov;355(1):012067.
  18. Cao H, Saroglu O, Karadag A, Diaconeasa Z, Zoccatelli G, Conte-Junior CA, et al. Available technologies on improving the stability of polyphenols in food processing. *Food Front.* 2021 Jun;2(2):109–39.
  19. Vargas-Muñoz DP. Efecto de la liofilización sobre propiedades físico-químicas y vida útil de cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en polvo. Universidad Nacional de Colombia; 2015.
  20. Cortez JD, Faicán MA, Pirovani ME, Piagentini AM. Determinación de polifenoles en frutas con vitamina C incorporada: Metodología para mejorar la especificidad del ensayo de Folin-Ciocalteu. *Rev Iberoam Tecnol Postcosecha.* 2018;19(2):148–58.
  21. De-la-Fuente-Lorente S. Efecto de la adición de goma arábica en la actividad antioxidante y antiinflamatoria de extractos de acerola y kiwi liofilizados. Universitat Politècnica de València; 2015.
  22. Wan L, Yang Z, Cai R, Pan S, Liu F, Pan S. Calcium-induced-gel properties for low methoxyl pectin in the presence of different sugar alcohols. *Food Hydrocoll.* 2021 Mar;112:106252.
  23. Fang Z, Bhandari B. Spray drying, freeze drying and related processes for food ingredient and nutraceutical encapsulation. In: *Encapsulation Technologies and Delivery Systems for Food Ingredients and Nutraceuticals.* Elsevier; 2012. p. 73–109.