

DESARROLLO TECNOLÓGICO DE UN BIOACTIVO EN POLVO DE FRESA (*Fragaria × anassa* Duch) Y SANDÍA (*Citrullus lanatus*) MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN

SPRY DRYING APPLICATION TO ELABORATE A BIOACTIVE FOOD PRODUCT
USING STRAWBERRY (*Fragaria × anassa* Duch) AND WATERMELON (*Citrullus lanatus*).

Mendoza-Calero, P.A.; Tigreros, J.A.*; Parra-Londono, S.

Unidad Técnica para el Desarrollo Profesional (Utedé). Red de Transformación Productiva,
Programas Agrícolas. Carrera 12 # 26 C 74, Buga, Valle del Cauca, Colombia

* E-mail: ja.tigreros@utede.edu.co

Fecha de envío: 30, mayo, 2025

Fecha de publicación: 10, diciembre, 2025

Resumen:

El desarrollo de productos funcionales a partir de frutas ha cobrado gran relevancia debido al incremento en la demanda de alimentos saludables. La fresa (*Fragaria × anassa* Duch) y la sandía (*Citrullus lanatus*) son frutas ricas en antioxidantes y compuestos bioactivos, pero su rápido deterioro limita su vida útil y comercialización. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar una mezcla en polvo a base de estas frutas y la evaluación de su actividad funcional, utilizando las técnicas de secado por aspersión y microencapsulación. Se realizó una revisión bibliográfica de estudios previos sobre métodos de conservación y encapsulación de compuestos bioactivos para estandarizar las variables entrada en los tratamientos aplicados. Las propiedades fisicoquímicas de la materia prima fueron analizadas por triplicado, tanto en estado fresco de la fruta como en las muestras en polvo obtenidas. Las condiciones de secado por aspersión con agentes encapsulantes como la maltodextrina y la clara de huevo fueron optimizadas. Los resultados mostraron que el secado por aspersión permitió el incremento de carotenoides y sólidos totales en comparación con las fresas en fresco, obteniendo un polvo estable con características funcionales. Además, la microencapsulación mejoró la estabilidad del producto, protegiendo los compuestos sensibles a la oxidación, característica que se observó en los valores positivos de a^* en la escala del color CIELAB. La combinación de fresa y sandía en un producto en polvo es una alternativa viable para extender la vida útil de estos alimentos, reducir pérdidas post cosecha y ofrecer un producto con alto valor nutricional y comercial.

Palabras clave: antioxidantes, compuestos bioactivos, fresa, microencapsulación, sandía, secado por aspersión.

Abstract:

Functional foods produced using fruits has become crucial since healthy food demand is increasing in the last years. The fruits of Strawberry (*Fragaria × anassa* Duch) and watermelon (*Citrullus lanatus*) are rich in bioactive and antioxidant compounds, that may be useful in food industry, however the rapid deterioration limits their shelf life and commercialization. This study aimed to develop a powder mixture based on these fruits using spray drying and microencapsulation techniques and evaluate its functional activity. First, a literature review of previous studies on methods of preservation and encapsulation of bioactive compounds was conducted to standardize the input variables in the treatments applied. The physicochemical properties of the raw material were analyzed in the fresh state of the fruit and in the powder samples obtained. Spray drying conditions with encapsulating agents such as maltodextrin and egg white were optimized. The results showed that spray drying allowed for an increase in carotenoids and total solids compared to fresh strawberries, obtaining a stable powder with functional characteristics. In addition, microencapsulation improved product stability, protecting sensitive compounds from oxidation, a characteristic observed in the positive values of a^* on the CIELAB scale. The combination of strawberry and watermelon in a powdered product is a viable alternative to extend the shelf life of these foods, reduce post-harvest losses, and offer a product with high nutritional and commercial value.

Keywords: antioxidants, bioactive compounds, strawberries, watermelon, microencapsulation, spray drying.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y la globalización han transformado los hábitos alimenticios de la población, generando una creciente demanda de productos saludables, prácticos y de larga vida útil. En este contexto, las frutas juegan un papel clave debido a su alto valor nutricional y sus beneficios para la salud. Sin embargo, muchas de ellas, como la fresa (*Fragaria × anassa* Duch) y la sandía (*Citrullus lanatus*), se deterioran rápidamente debido a su elevado contenido de agua y actividad metabólica. Según el informe realizado por el Departamento Nacional de Planeación en 2016, indican que en Colombia aproximadamente el 34% de los alimentos destinados al consumo humano se pierden, lo que representa cerca de 9.76 millones de toneladas anuales (Departamento Nacional de Planeación, 2016).

Este fenómeno se relaciona estrechamente con la actividad de agua (aw), una propiedad termodinámica que indica la cantidad de agua libre disponible en los alimentos para favorecer reacciones químicas o el crecimiento microbiano. La aw no solo determina la velocidad con la que los alimentos se deterioran, sino también permite predecir su vida útil y diseñar estrategias de conservación más eficaces. A diferencia del contenido total

de humedad, la Aw proporciona un indicador más preciso del riesgo microbiológico, siendo un factor determinante en la estabilidad y seguridad de productos frescos y deshidratados (Tapia, 2020).

Las tecnologías convencionales de preservación, como la refrigeración y la congelación, presentan altos costos y dificultades logísticas, mientras que otros métodos, como el secado térmico, pueden afectar negativamente la estabilidad de los compuestos bioactivos esenciales (Baldelli et al., 2024). Ante este panorama, es fundamental explorar alternativas que permitan mantener las propiedades nutricionales y extender la vida útil de estas frutas sin comprometer su calidad.

La fresa es un frutal de importancia comercial, la cual radica en su versatilidad para el consumo en fresco y en la elaboración de productos procesados como mermeladas, jugos y jaleas (Giampieri et al., 2012). Además, su riqueza en compuestos antioxidantes, como la vitamina C, el folato y polifenoles, la posiciona como un alimento clave en la prevención de enfermedades cardiovasculares debido a sus propiedades antioxidantes, antihipertensivas y anti ateroscleróticas (Basu et al., 2010). Por otro lado, la sandía se caracteriza por su alto contenido de licopeno y citrulina, compuestos bioactivos que han sido vinculados a la reducción del estrés oxidativo y la mejora de la función vascular (Davis et al., 2011). No obstante, su elevado contenido de humedad limita su almacenamiento y transporte, dificultando su incorporación en productos de mayor estabilidad.

El secado por aspersión y la microencapsulación son procesos agroindustriales que permiten extender la vida útil los alimentos sin comprometer sus propiedades funcionales. Estas técnicas permiten la obtención de productos en polvo con mayor estabilidad y vida útil, al tiempo que protegen los compuestos bioactivos como antioxidantes, polifenoles y vitaminas (Baldelli et al., 2024). Si bien estudios previos han demostrado la eficacia del secado por aspersión en la producción de polvos de frutas, existe una brecha en la investigación sobre su aplicación combinada con la microencapsulación en la fresa y la sandía. La mayoría de los estudios se han centrado en frutas individuales o en matrices con altos contenidos de sólidos, dejando un vacío en el conocimiento sobre el comportamiento de mezclas con alta humedad y azúcares como la de estas frutas (Martínez et al., 2015; Shishir & Chen, 2017).

Por tanto, la estandarización de las condiciones para el secado por aspersión y la microencapsulación serían de gran valor en la industria, facilitando la elaboración de alimentos con alto valor nutricional y aplicabilidad. Por otra parte, la evaluación de los parámetros fisicoquímicos, tales como grados °Brix, contenido de humedad, concentración de carotenoides, pH, actividad de agua y colorimetría, tanto en los productos en fresco como procesados, es útil para determinar la calidad nutricional de los alimentos. A partir de los resultados obtenidos, es posible comparar entre el estado inicial y final de las muestras, permitiendo identificar el efecto del secado por aspersión y la microencapsulación sobre la conservación de las propiedades.

La presente investigación propuso desarrollar un producto deshidratado a base de fresa y sandía con características fisicoquímicas deseables en la industria alimentaria y potencialmente saludables; empleando las técnicas de secado por aspersión y microencapsulación, las cuales buscan mantener la actividad funcional de los compuestos nutricionales de estas frutas. Además, el trabajo presenta una alternativa que permitiría disminuir las pérdidas post cosecha de estos productos generando un alimento con alto valor nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

En la investigación se empleó un diseño completamente al azar, donde las unidades experimentales (fresa y sandía) fueron seleccionadas aleatoriamente y sometidas a distintos tratamientos (en estado fresco y posteriormente en estado seco), cada uno de ellos por triplicado. Se evaluaron las variables de respuesta grados °Brix, pH, humedad, colorimetría y contenido de carotenoides, para determinar la influencia del tratamiento térmico durante el secado por aspersión sobre la estabilidad de los compuestos bioactivos y las características fisicoquímicas del producto obtenido.

Caracterización de las frutas seleccionadas

La caracterización fisicoquímica de las frutas en fresco se llevó a cabo, cuantificando la concentración de carotenoides, la colorimetría, los grados °Brix, la humedad y el pH. Para ello, se pesaron 250 g de fresa y sandía, los cuales fueron utilizados en las diferentes mediciones.

En el caso de la fresa, se retiraron los pedúnculos y sépalos, luego se lavaron y secaron cuidadosamente para evitar que el exceso de agua alterara los resultados. Por otro lado, a la sandía se le retiró la cáscara y las semillas. Posteriormente, ambas frutas fueron procesadas individualmente en un procesador de alimentos para obtener una suspensión homogénea.

La determinación de grados °Brix, utilizando el refractómetro, mientras el pH fue cuantificado con la ayuda de un pH-metro, previamente calibrado con las soluciones estándar.

Para la evaluación de la humedad, se pesaron 2 g de suspensión en crisoles previamente secados en un horno durante 45 minutos, seguidos de 40 minutos en enfriamiento. Luego, las muestras fueron llevadas al horno a una temperatura de 105 °C durante 5 horas para completar el proceso de deshidratación y determinar el contenido de humedad. La colorimetría en escala CIELAB fue determinada empleando un colorímetro evaluando los atributos a^* , b^* L^* , h y C del color.

Extracción y cuantificación de carotenoides

Para la cuantificación de carotenoides, se usaron 0.1 g de muestra, depositados en tubos Falcon de 15 ml. Posteriormente, con la ayuda de una pipeta y un pipeteador, se añadieron 4 ml de etanol y 3 ml de hexano. El etanol se utilizó como disolvente polar para romper las membranas celulares y facilitar la liberación de los carotenoides, mientras que el hexano, un disolvente no polar, permitió la extracción eficiente de estos compuestos al separarlos de la fase acuosa. Posteriormente Los tubos se cubrieron con papel de aluminio para proteger los carotenoides de la luz y evitar su degradación, siendo estos compuestos sensibles a la oxidación foto inducida. Luego, las muestras fueron colocadas en una plancha agitadora a 1000 RPM durante 60 minutos para favorecer la extracción de los pigmentos. Transcurrido el tiempo, se adicionó 1 ml de agua destilada a cada tubo para facilitar la separación de fases y se sometieron nuevamente a agitación durante 5 minutos. Posteriormente, se extrajo 1 ml de la fase orgánica con una pipeta Pasteur, y la absorbancia del extracto se midió en un espectrofotómetro a 444 nm, 450 nm, 451 nm y 472 nm. Una muestra de hexano fue empleada como blanco en las mediciones.

Microencapsulación y secado por aspersión

El proceso de secado por aspersión se llevó a cabo en el laboratorio agroindustrial de la Unidad Técnica para el Desarrollo Profesional (Utedé) ubicado en Guadalajara de Buga, Colombia, empleando un equipo de secado por aguja de 1 mm (Toption Lab).

Las frutas empleadas fueron previamente preparadas antes del proceso de secado, como se describe a continuación. Las fresas fueron lavadas con agua y se retiraron los pedúnculos y sépalos. En el caso de la sandía, se retiraron las semillas. Posteriormente, cada fruta fue tratada individualmente en un procesador de alimentos, para obtener una pulpa homogénea, con un contenido de sólidos totales (ST) de 8.8 % sandía y 9.2 % fresa. Con estas muestras se elaboró una mezcla que fue usada para el secado.

Un total de 5.960 g de la suspensión conformada por fresa y sandía fueron empleados para la elaboración del producto deshidratado. Para el proceso de microencapsulación se empleó clara de huevos de gallina. La formulación estuvo compuesta por 996.875 g de fresa, 1993.750 g de sandía, 3.000 g de clara de huevo de gallina y 9.375 g de ácido cítrico. El proceso de secado por aspersión se llevó a cabo con una temperatura de entrada del aire de 155 °C y una temperatura de salida de 72 °C. Se reguló la velocidad de la bomba peristáltica a 40 para garantizar una alimentación homogénea del sistema. La duración total del proceso fue de cinco horas, obteniéndose un rendimiento final de 89 g de producto en polvo y un residuo de 610 g.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros fisicoquímicos generales

En cuanto al contenido de sólidos solubles, la sandía presentó valores cercanos a 8 °Brix, superando ligeramente a la fresa, que alcanzó aproximadamente 7 °Brix, comportamiento asociado a su mayor concentración de azúcares naturales.

En relación con el pH, la sandía mostró un valor promedio de 5.7, reflejando una acidez moderada, en contraste con la fresa 3.9, característica común en frutas ácidas como las bayas (Figura 1). Respecto a la humedad, las muestras frescas conservaron niveles superiores al 85 %, mientras que sus versiones en polvo mostraron una significativa reducción de humedad 10 a 15 %, adecuada para prolongar la conservación.

Los sólidos totales se incrementaron notoriamente en el polvo de fresa (PFS) frente al estado fresco, demostrando la eficacia del proceso de secado por aspersión al eliminar agua y concentrar nutrientes.

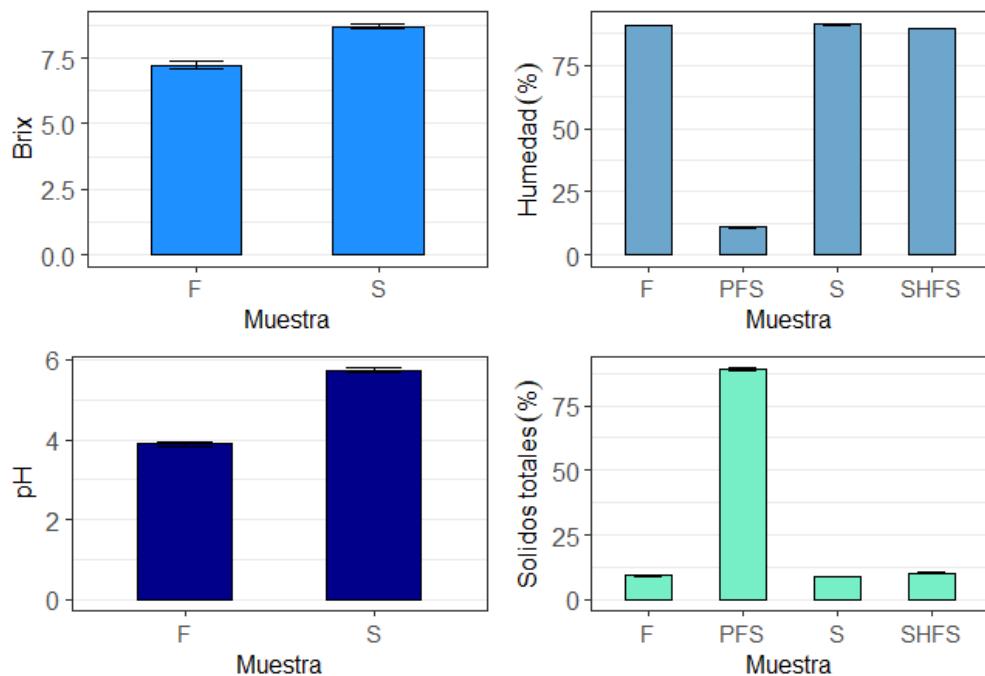


Figura 1. Promedio y desviación estándar de las muestras de fresa (F), sandía (S), polvo de fresa y sandía (PFS) y SHFS para las variables grados Brix, humedad, pH y sólidos totales.

Figure 1. Mean and standard deviation of strawberry (F), watermelon (S), strawberry-watermelon (PFS) and SHFS samples for the variables Brix value, humidity, pH and solid content.

En este estudio se observó que el secado por aspersión de las frutas frescas de fresa y sandía resultó en una disminución de la humedad (alrededor del 85 % al 10-15 %), favorable para la conservación y estabilidad del producto final. Este comportamiento es similar al reportado por Quek et al. (2007), quién demostró que el secado por aspersión puede ser altamente efectivo para reducir la humedad en frutas, lo que prolonga la vida útil de los productos en polvo. En el caso específico de las muestras de fresa y sandía, la reducción en la humedad también contribuye a la estabilidad

microbiológica, permitiendo que estos polvos sean aptos para una amplia variedad de aplicaciones en la industria alimentaria.

Referente al contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix), los resultados mostraron que la sandía tiene valores ligeramente superiores a la fresa, lo que refleja la mayor concentración de azúcares en la sandía. Este fenómeno es consistente con lo que se observa en la literatura. Por ejemplo, en un estudio sobre siete variedades de fresa cultivadas en Cundinamarca (Colombia), se reportaron valores de sólidos solubles totales entre 6.3 y 7.9 $^{\circ}$ Brix en frutos en estado de madurez 5, dependiendo de la variedad (Lopez-Valencia et al., 2018). En el caso de la sandía, estudios han mostrado que los grados $^{\circ}$ Brix pueden variar entre 10.4 y 13.5, dependiendo de factores como la variedad y las condiciones del cultivo (Soares da Silva et al., 2020).

Con relación al pH, la sandía presentó un pH aproximadamente de 5.7, mientras que la fresa presentó un pH de 3.9. Este comportamiento es coherente con la naturaleza de ambas frutas, ya que la sandía es menos ácida en comparación con la fresa, por ello es consistente con los hallazgos de Quek et al. (2007), quien también documentó un pH más bajo en frutas ácidas como la fresa en comparación con frutas como la sandía.

Colorimetría

Los resultados de la colorimetría indican que la muestra de polvo FSD presentó una luminosidad mayor al de las frutas frescas, acompañada de un incremento en el parámetro a^* , lo que sugiere una intensificación del tono rojizo. El cambio de color fue drástico respecto a la fresa fresca, con un $\Delta E = 70,66$, siendo perceptible visualmente (Cuadro 1). Este comportamiento puede atribuirse al incremento en concentración de pigmentos y al efecto del agente encapsulante (clara de huevo), que contribuye al blanqueamiento.

Este fenómeno es coherente con lo reportado por Casanova-Libreros (2013), quien señala que el incremento de la temperatura de entrada en el secado por aspersión induce a la degradación por procesos oxidativos de los carotenos, antocianinas y compuestos fenólicos, lo que se refleja en la degradación del color del producto en polvo respecto al jugo original. Incluso, el uso de agentes encapsulantes protege los compuestos funcionales del deterioro térmico e incrementa el rendimiento.

Cuadro 1. Promedio y desviación estándar para los atributos del color CIELAB en muestra de fresa, sandía y el producto deshidratado con la muestra.

Table 1. Mean and standard deviation for CIELAB color scale in strawberry, watermelon and strawberry-watermelon mixture.

Muestra	L	a*	b*	c	h	ΔE (vs fresa)
Fresa	9.007 ± 0.811	16.957 ± 1.562	7.68 ± 0.726	18.617 ± 1.695	24.377 ± 0.872	-
FSD	77.87 ± 3.536	32.673 ± 4.775	5.803 ± 0.737	33.203 ± 4.614	10.277 ± 2.539	70.66
Sandia	14.097 ± 1.125	13.847 ± 1.35	7.00 ± 0.265	15.157 ± 1.591	26.95 ± 2.297	66.5

Adicional a ello, González-Sánchez et al. (2011) estudiaron el secado por aspersión de jugo de sandía y observaron que las condiciones del proceso influyen en la retención de compuestos volátiles y en las características sensoriales del producto final. Estos hallazgos sugieren que la optimización de las condiciones de secado es crucial para preservar la calidad del color y el sabor en polvos de frutas como la sandía. Por lo tanto, la elección adecuada de las condiciones de secado y del agente encapsulante es esencial para minimizar la pérdida de compuestos pigmentarios y preservar la estabilidad del color en productos deshidratados de fresa y sandía. Los valores obtenidos indican una disminución en la luminosidad y una variación en el matiz tras el secado por aspersión.

Cuantificación de carotenoides

La extracción de estos compuestos fenólicos se realizó empleando hexano, para determinar su concentración tanto en las muestras en fresco como en polvo. Los valores obtenidos muestran que la mayor concentración se observó en la sandía en fresco (Figura 2). A partir del ANOVA se logró identificar que los tratamientos aplicados tuvieron efecto significativo en la concentración de estos compuestos (Cuadro 2).



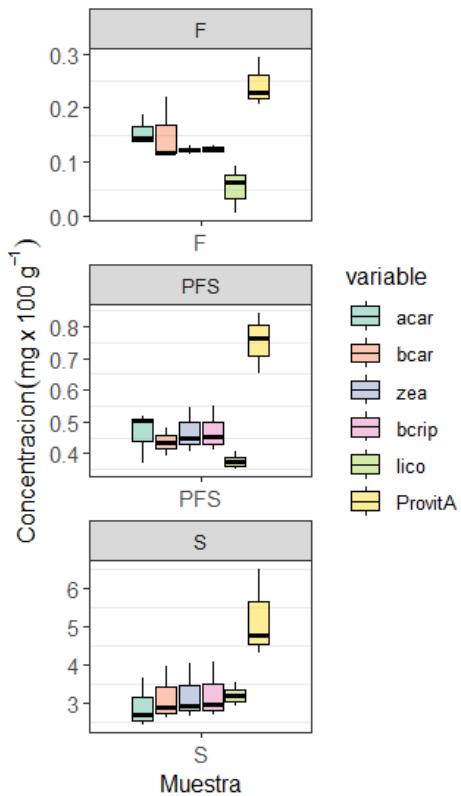


Figura 2. Diagrama de cajas para la concentración de carotenoides en muestras de fresa (F) y sandía (S) fresca y la mezcla tratada con secado por aspersión (PFS).

Figure 2. Boxplot showing the carotenoid concentration in strawberry (F), watermelon (S), strawberry-watermelon (PFS) samples.

La evaluación del contenido de provitamina A es de especial importancia en términos nutricionales. En la investigación se identificó que la transformación de los productos por secado por aspersión disminuye la cantidad de estos compuestos en comparación con los valores vistos en sandía en fresco (Cuadro 2).

Aunque se observó un incremento en los niveles de carotenoides en el polvo respecto a la fresa, esta diferencia no fue estadísticamente significativa. Esto podría atribuirse a la posible degradación parcial de estos compuestos durante el secado. Según Casanova Libreros (2013), el incremento de la temperatura de entrada en el secado por aspersión induce a la degradación por procesos oxidativos de los carotenos, antocianinas y compuestos fenólicos. Estos cambios en los componentes funcionales se detectan por la degradación del color del producto en polvo respecto al jugo original. A parte de eso, el uso de agentes encapsulantes protege los compuestos funcionales

del deterioro térmico e incrementa el rendimiento. Por lo tanto, la selección adecuada de las condiciones de secado y de agente encapsulante es crucial para minimizar la pérdida de carotenoides durante el proceso. Los valores de carotenoides obtenidos por espectrofotometría confirman la retención parcial de estos compuestos tras el secado por aspersión.

Cuadro 2. Comparación de promedios para la concentración carotenoides evaluados en las muestras usadas.

Table 2. Mean and standard deviation comparisons of carotenoid concentration in strawberry, watermelon and strawberry-watermelon mixture.

Muestra	α -caroteno	***	β -caroteno	***	zeaxantina	***
Fresa	0.155 ± 0.028	b	0.152 ± 0.060	b	0.122 ± 0.007	b
FSD	0.464 ± 0.082	b	0.436 ± 0.043	b	0.467 ± 0.070	b
Sandía	2.924 ± 0.640	a	3.155 ± 0.706	a	3.213 ± 0.725	a
Muestra	β -criptoxantina	*	licopeno	***	provitamina A	***
Fresa	0.123 ± 0.007	b	0.053 ± 0.044	b	0.243 ± 0.047	b
FSD	0.471 ± 0.071	b	0.377 ± 0.027	b	0.753 ± 0.095	b
Sandía	3.239 ± 0.731	a	3.214 ± 0.307	a	5.197 ± 1.159	a

*** indica p<0.001. Las letras diferentes entre promedios indican diferencias significativas entre las muestras

Actividad de agua

La actividad de agua (aw) del polvo obtenido por secado por aspersión fue de 0,5, valor que se encuentra dentro del rango considerado seguro para productos en polvo y que sugiere una buena estabilidad microbiológica. Este nivel de aw indica que el producto se encuentra en un estado higroscópico estable, porque se sitúa por debajo del umbral mínimo ($aw = 0.6$) requerido para el crecimiento de la mayoría de bacterias, levaduras y hongos (Guzmán et al., 2006). Esto implica que el polvo tendría una alta estabilidad durante el almacenamiento, lo cual es deseable para productos secos que contienen compuestos bioactivos susceptibles a la degradación.

La baja actividad de agua también puede contribuir a una mayor estabilidad de compuestos sensibles, como los carotenoides y polifenoles, durante el almacenamiento, ya que estos compuestos se degradan rápidamente por oxidación en presencia de humedad (Fang & Bhandari, 2010). En este contexto, el uso de clara de huevo como agente encapsulante representa una alternativa innovadora y funcional, debido a sus propiedades filmógenas, antioxidantes y de barrera frente al

oxígeno y al vapor del agua. Zhao et al. (2004) estudiaron la microencapsulación de extracto de aronia utilizando proteínas de huevo y reportaron valores de aw por debajo de 0,6, con buena estabilidad del polvo y retención de compuestos bioactivos.

Aunque existen múltiples estudios con encapsulantes tradicionales como maltodextrina, goma arábiga o almidones modificados en frutas como fresa y sandía (Saavedra-Leos et al., 2021), la combinación de estas frutas con la clara de huevo de gallina como agente encapsulante es una línea de investigación poco explorada. Por tanto, los resultados obtenidos en este estudio no solo respaldan la eficacia del secado por aspersión para obtener un polvo microbiológicamente estable, sino que también destacan el potencial tecnológico de la clara de huevo en la microencapsulación de frutas ricas en compuestos funcionales.

CONCLUSIÓN

La obtención de una mezcla en polvo de fresa y sandía mediante secado por aspersión, utilizando clara de huevo de gallina como agente encapsulante, permitió desarrollar un producto con características fisicoquímicas y funcionales favorables para su aplicación en la industria alimentaria. A partir del diseño experimental, se evidenció que la combinación de frutas con clara de huevo incide directamente sobre el rendimiento del secado, la humedad residual, la solubilidad y retención de compuestos bioactivos. El uso de clara de huevo como encapsulante representa una estrategia eficaz para la producción de polvos frutales estables, funcionales y con potencial comercial. El secado por aspersión, en combinación con agentes encapsulantes proteicos, se confirma como una técnica viable para transformar frutas perecederas en ingredientes en polvo con aplicaciones versátiles en la industria de alimentos saludables.

LITERATURA CITADA

- 
- Baldelli, A., Pico, J., Woo, M. W., Castellarin, S., & Pratap-Singh, A. (2024). Spray dried powder of common fruit juices: Enhancement of main properties. *Powder Technology*, 441, Article 119560. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2024.119560>
 - Basu, A., Fu, D. X., Wilkinson, M., Simmons, B., Wu, M., Betts, N. M., Du, M., & Lyons, T. J. (2010). Strawberries decrease atherosclerotic markers in subjects with metabolic syndrome. *Nutrition Research*, 30(7), 462–469. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2010.06.016>

- Davis, A. R., Webber III, C. L., Fish, W. W., Wehner, T. C., King, S., & Perkins-Veazie, P. (2011). L-citrulline levels in watermelon cultigen tested in two environments. *HortScience* 46(12), 1572–1575. <https://doi.org/10.21273/hortsci.46.12.1572>
- Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols – a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21(10), 510–523. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003>
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., & Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>
- González-Palomares, S. (2018.). Figura 2. Diagrama del proceso de secado por aspersión de sandía [Diagrama]. En *Spray Drying process applied to watermelon juice to obtain a powder product*. DYNA, 85(207), 229-235.
- Guzmán, R., Torán, R., Guzmán, P., & Casares, R. (2006.). Método simplificado para estimar la actividad del agua en deshidratación de hortalizas. *Revista cet*, (27). Planta Piloto de Ingeniería Química, FACET, Universidad Nacional de Tucumán.
- Lopez-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., Acuña-Caita, JF., Fisher G. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19 (1).
- Martínez, M. L., Curti, M. I., Roccia, P., Llabot, J. M., Penci, M. C., Bodoira, R. M., & Ribotta, P. D. (2015a). Oxidative stability of walnut (*Juglans regia* L.) and chia (*Salvia hispanica* L.) oils microencapsulated by spray drying. *Powder Technology*, 270(Part A), 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.10.031>
- Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386–392. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.06.020>
- Saavedra-Leos, M. Z., Leyva-Porras, C., Araujo-Díaz, S. B., Álvarez-Ramírez, J., & Aguilar-Ayala, D. A. (2021). Spray Drying of Fruit Juices: A Review. *Molecules*, 26(18), 5466. <https://doi.org/10.3390/molecules26185466>
- Shishir, M. R. I., & Chen, W. (2017). Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends in Food Science & Technology*, 65, 49–67. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2017.05.006>
- Soares da Silva, A., de Oliveira, A. C., & de Souza, R. T. (2020). Qualidade pós-colheita de frutos de melancia em diferentes cultivares. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 493–500. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.13>
- Tapia, M. S. (2020). Contribución al concepto de actividad del agua (aw) y su aplicación en la ciencia y tecnología de alimentos en Latinoamérica y Venezuela. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*, LXXX(2), 18–40.
- Zhao, X., Liang, X., Zhang, X., Huang, Y., Du, J., Guo, J., & Sun, Y. (2024). Preparation and characterization of micelle powder containing aronia pomace extract using egg white and yolk proteins. *Poultry Science*, 103(5), 103818. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.103818>