

INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE MALTODEXTRINA-GOMA ARÁBIGA Y LA TEMPERATURA DEL AIRE DE ENTRADA EN EL SECADO POR ATOMIZACIÓN DE JUGO CONCENTRADO DE NARANJA

Yojhansel Aragüez, Jorge A. Pino, Inés Sadai Rodríguez y Elda Roncal*

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carr. al Guatao km 3 ½, La Habana, CP 19200, Cuba.

E-mail: yojansel@iiaa.edu.cu

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue obtener un jugo deshidratado de naranja mediante secado por aspersión, con buena aceptación, para su empleo como saborizante natural. A través de la técnica de superficie de respuesta se usó un modelo de diseño factorial 3² para la optimización de la temperatura del aire de entrada y contenido de soportes. Los soportes utilizados fueron maltodextrina DE 12 y goma arábiga mezclados en proporción 2:1 m/m (relación m/m de sólidos jugo/sopORTE 1:1; 1:1.5 y 1:2.3; respectivamente). El rendimiento y retención de ácido ascórbico se maximizaron, mientras que la humedad se minimizó, para calcular los valores óptimos. Se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada de 138 °C y 70 % m/m de contenido de soportes. Con esta combinación se logró un producto con 82 % de rendimiento, 4,2 % de humedad, 72,8 % de retención de ácido ascórbico y 25,1 µm de diámetro medio de partícula. El producto deshidratado fue de buena calidad para su empleo como saborizante natural.

Palabras clave: jugo de naranja, soportes, secado por aspersión, optimización.

ABSTRACT

Influence of maltodextrin-gum arabic and inlet air temperature on the spray drying of concentrated orange juice

The objective of this work was to obtain a dehydrated orange juice by spray drying, with good acceptance, for its use as a natural flavoring. By response surface techniques, a factorial design model 3² was used to optimize the inlet air temperature and support content. The supports used were maltodextrin DE 12 and gum Arabic mixed in a ratio of 2:1 m/m (ratio m/m solid juice/support 1:1, 1:1.5 and 1:2.3, respectively). The yield and retention of ascorbic acid were maximized, while the moisture was minimized, to calculate the optimum values. An optimum was obtained with an inlet temperature of 138 °C and 70 % m/m of support content. Using this combination, a product with 82 % yield, 4.2 % humidity, 72.8 % ascorbic acid retention and 25.1 µm average particle diameter was achieved. The dehydrated product was of good quality for use as a natural flavoring.

Keywords: orange juice, supports, flavoring, spray drying, optimization.

INTRODUCCIÓN

El interés de la industria alimenticia en elaborar productos naturales se ha incrementado significativamente en la actualidad, debido a la demanda de los consumidores de reducir el uso de aditivos sintéticos con posibles riesgos para la salud a corto y largo plazo. La mayoría de las frutas tropicales poseen colores intensos y sabores que las hacen excelentes candidatas como fuente de nuevos y diversos aditivos. La aspersión es uno de los métodos de obtención de productos en polvo que mantiene muchas de las propiedades de los productos (1). La presentación de nuevos formatos de consumo de los jugos de frutas como saborizantes naturales

**Yojhansel Aragüez Fortes (IFAL, 2013; M.Sc. IFAL, 2016) es investigador del Dpto. de Aromas. Sus principales líneas de trabajo son la microencapsulación de saborizantes y obtención de productos naturales.*

podría incidir en la prolongación de su vida útil con nuevas alternativas que puedan aumentar su consumo y acercar sus propiedades beneficiosas a los consumidores. (2, 3). Por otra parte, cuando se requiere mezclar jugos de frutas con otros ingredientes secos, es imprescindible tener el jugo deshidratado para poder realizar la mezcla física. Es muy importante estudiar la influencia de la temperatura del aire de entrada y el contenido de soportes a utilizar en el secado por aspersión, ya que estos influyen en la calidad del producto deshidratado (4).

La adición de aditivos de alto peso molecular al producto antes del secado por atomización es ampliamente usada como alternativa para incrementar la temperatura de transición (T_g) del producto seco.

El uso de soportes tales como maltodextrina, goma arábica, almidones, celulosa cristalina y proteínas aumentan el contenido de sólidos de la mezcla a secar, lo que genera altos rendimientos y disminuye los costos productivos (5). Los soportes más usados para jugos de frutas son maltodextrina y goma arábica (6, 7). Además, se han realizado investigaciones relativas al secado del jugo concentrado de naranja con el uso de maltodextrina (5). Sin embargo, no se ha realizado ningún estudio con relación al empleo de mezclas de soportes para el secado de jugo concentrado de naranja. Por todo lo anterior, el objetivo general de este trabajo fue obtener un jugo deshidratado de naranja mediante secado por aspersión, con buena aceptación, para su empleo como saborizante natural.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó jugo concentrado de naranja de procedencia nacional con 64,7 °Brix. Para reforzar el sabor del jugo se adicionó una esencia alcohólica al 70 % a partir de aceite esencial de naranja exprimido en frío. Se usó como soporte una mezcla, en proporción 2:1 m/m, de maltodextrina DE 12 (IMSA, Guadalajara, México) y goma arábica (Nexira, Rouen, Francia) y en concentraciones de 50, 60 y 70 % m/m en base a los sólidos solubles del jugo. Como anti-aglomerante se usó fosfato tricálcico (Amfher Foods, C. México) al 0,08 % m/m en la mezcla a secar y agua destilada para preparar las mezclas.

Para cada secado se prepararon 3 kg de mezcla en un tanque con agitación mecánica. La matriz (jugo de naranja + esencia + soporte + agua + fosfato tricálcico)

se alimentó a un secador por atomización Niro Production Minor (Niro Atomizer Ltd., Copenhagen, Denmark.) de disco centrífugo ($2 \times 10^4 \text{ min}^{-1}$). Se evaluó temperatura del aire de entrada entre 130 y 170 °C, así como los tres contenidos de soporte mencionados antes. La temperatura del aire de salida se fijó en 75 ($S = 5 \text{ °C}$), valor seleccionado de acuerdo a la bibliografía (5, 7).

Se hicieron determinaciones de sólidos solubles por refractometría, acidez por valoración con NaOH 0,1 N y contenido de ácido ascórbico al jugo concentrado (8). Los análisis se hicieron por duplicado y los resultados se expresaron como promedios.

El rendimiento del producto deshidratado se calculó desde su masa en base seca, obtenida a partir del jugo alimentado al secador (9). Al producto deshidratado se le determinaron contenido de ácido ascórbico (8) y humedad mediante un analizador de humedad Sartorius mod. MA35 (Goettingen, Alemania) (10).

La distribución del tamaño de partícula del polvo se realizó por microscopía electrónica de barrido. La muestra fue adherida al porta-objetos mediante cinta adhesiva de doble cara y fue cubierta por rociado con oro-paladio. Se examinó en un microscopio electrónico de barrido Tescam 5130 SB (Praga, República Checa). El tamaño promedio de partícula fue determinado como ha sido reportado (11).

El producto deshidratado con los parámetros optimizados se evaluó sensorialmente en una gelatina, constituida por 900 g de azúcar refino, 100 g de gelatina base, 24 g de ácido cítrico anhidro y 0,3 g de amarillo tartrazina. A 400 g de esta mezcla base se le adicionaron 30 g del saborizante seco y se disolvieron en 1 L de agua tratada. Con la gelatina se realizó una prueba sensorial de aceptación con una escala hedónica con 80 personas (entre 20 y 60 años). Se usó una escala de cinco categorías desde -me gusta mucho- hasta -me disgusta mucho- (12).

La optimización de la temperatura del aire de entrada y contenido de soporte se realizó mediante las técnicas de superficie de respuesta, donde se utilizó un modelo 3^2 . Las variables de respuesta para la optimización fueron rendimiento, retención de ácido ascórbico y humedad. El rendimiento y retención de ácido ascórbico se maximizaron, mientras que la humedad se minimizó.

La adecuación de los modelos se evaluó mediante la prueba F-Fisher para $p \leq 0,05$. Las experiencias se realizaron aleatoriamente y sus resultados se procesaron con el programa Design-Expert ver. 8.0.7 del 2010 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mayoría de los estudios reportados del efecto de la temperatura del aire de entrada y contenido de soporte en el secado del jugo de naranja se han basado en combinaciones puntuales de ellas sin considerar su interacción, ni la optimización (13, 14), con excepción de un solo trabajo (5). Las técnicas de superficie de respuesta son una metodología estadística que permiten determinar, experimentalmente, aquellos niveles de los factores en investigación que producen una respuesta óptima (15).

Todos los modelos para las variables de respuesta fueron significativos y la falta de ajuste no fue significativa, por lo que los modelos pueden ser utilizados para representar el comportamiento de estas variables de respuesta. La Tabla 1 muestra el programa de los experimentos evaluados y las respuestas, mientras que en la Tabla 2 aparecen los modelos codificados del diseño experimental.

Debe señalarse que los productos de todas las corridas experimentales fueron evaluados por varios catadores habituales de la Planta de Aromas y en ninguna experiencia se detectaron defectos sensoriales, lo que indica que por el proceso de secado no se perdieron la pureza, armonía del aroma y sabor de la composición compleja que posee el jugo de naranja.

En el modelo para el rendimiento solo resultaron significativos los términos lineales de la temperatura del aire de entrada (X_p) y contenido de soporte (X_s). El coeficiente del término lineal de la temperatura fue negativo, por lo que un aumento de este factor conduce a una disminución del rendimiento. En cambio, el término lineal para el contenido de soporte fue positivo, por lo que puede afirmarse que un incremento de este factor favoreció el aumento del rendimiento.

El incremento de la concentración del soporte aumentó significativamente el rendimiento del proceso. Esta relación directa se debe al incremento de los valores T_g de las fracciones amorfas en las mezclas que son ricas en componentes de bajo T_g . Este resultado coincide con otros reportes (16, 17).

Tabla 1. Matriz experimental para el secado del jugo concentrado de naranja

Corrida	T (°C)	Soporte (% m/m)	Rendimiento (%)	Humedad (% m/m)	Retención de ácido ascórbico(%)
1	130	60,0	51,0	4,69	73,2
2	130	67,5	69,8	4,60	77,4
3	130	75,0	70,9	4,01	83,1
4	150	60,0	44,2	4,35	84,1
5	150	67,5	66,5	4,35	89,5
6	150	67,5	70,1	3,92	89,6
7	150	67,5	67,2	3,96	87,3
8	150	67,5	64,5	3,93	88,0
9	150	75,0	80,6	3,86	89,0
10	170	60,0	34,0	3,84	79,3
11	170	67,5	69,1	3,87	81,7
12	170	75,0	75,1	3,63	82,5

T: temperatura del aire de entrada.

Tabla 2. Modelos codificados del diseño experimental para el secado del jugo concentrado de naranja

	Rendimiento	Humedad	Retención de ácido ascórbico
Intercepto	72,56	4,50	57,14
X _T	-7,90**	-0,16*	-5,73*
X _S	5,22*	-0,26*	8,18**
X _T ²	-7,07	-6,2 x 10 ⁻³	-1,66
X _S ²	1,48	-0,06	4,99
X _T X _S	-0,32	0,09	0,68
R ²	0,80	0,86	0,84
F modelo	4,96*	7,34*	6,36*
F falta de ajuste	72,56	4,50	57,14

T: temperatura del aire de entrada; S: contenido de soporte.

*Valor significativo para p = 0,05

**Valor significativo para p = 0,01

***Valor significativo para p = 0,001

La humedad de los productos estuvo en el rango de 4,02 y 4,95 % m/m, similar a las reportadas para el secado por aspersión del jugo concentrado de naranja (4,3 a 4,5 % m/m) (16) y (1,9 a 7,0 % m/m) (18).

En el modelo para la humedad resultaron significativos solo los términos lineales y con un peso similar. Ambos coeficientes fueron negativos, lo que indica una relación inversa de la variable de respuesta con ambos factores. Un aumento de la temperatura del aire de entrada favoreció una disminución de la humedad. A mayor diferencia de temperatura entre el aire de secado y las microgotas, mayor será la velocidad de transferencia de calor dentro de ellas, lo que proporciona la fuerza conductora para la extracción de la humedad. A medida que el agua es conducida a través de la microgota en forma de vapor, esta debe ser llevada lejos o la propia humedad creará una atmósfera saturada en la superficie de la partícula que causará la eliminación del vapor de agua. A mayor temperatura del aire, éste podrá retener mayor humedad antes de su completa saturación (2).

Un incremento de X_S causó una disminución del contenido de humedad, esto se debe a que la adición de soporte incrementa el contenido de sólidos totales de la mezcla de alimentación y reduce la cantidad de agua a evaporar (14, 16).

Las retenciones de ácido ascórbico de los productos estuvieron en el rango de 41,4 a 77,4 %, similares a las reportadas para el secado por aspersión del jugo concentrado de naranja (75,9 a 83,7 %) (5), en el secado por aspersión con vacío (64,9 a 71,0 %) (14) y (73,2 a 89,6 %) (18). En el modelo para la retención de ácido ascórbico fueron significativos los términos lineales y con un peso similar. El coeficiente de X_T fue negativo, lo que indica una relación inversa, mientras que el coeficiente de X_S mostró una relación directa. Una disminución de la temperatura de entrada favoreció la retención de ácido ascórbico. La temperatura del aire no puede ser muy alta pues causa daño térmico al componente activo. En otros estudios (19, 20), también se encontró una relación inversa con la retención de esta vitamina. Por otra parte, un incremento de X_S produjo una mayor retención de ácido ascórbico. Este efecto puede ser atribuido al aumento de la eficiencia de encapsulación por la matriz con el soporte. En trabajos anteriores se informó un aumento de la estabilidad de esta vitamina por el incremento del contenido de soporte (18, 19, 21).

El jugo de naranja en polvo con la combinación óptima se analizó por microscopía electrónica de barrido. Las partículas mostraron una superficie redondeada con concavidades y dientes, característica de este tipo de producto sin grietas ni porosidades, por lo que puede

afirmarse que hubo una buena protección por el material de soporte (22) y sugiere una buena estabilidad del producto seco. El diámetro promedio (D_{43}) que resultó ser $25,1 \mu\text{m}$ se encuentra en el intervalo de 10 a $100 \mu\text{m}$ comúnmente informado para esta tecnología.

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los tres modelos se procedió a la optimización del rendimiento, retención de ácido ascórbico y humedad.

La Fig. 1 presenta el gráfico de contorno, donde el punto definido por la temperatura del aire de entrada de 138°C y contenido de soporte de $70\% \text{ m/m}$ fue sugerido como el óptimo para la deshidratación del jugo concentrado de naranja en el intervalo estudiado. En este punto se obtuvo un valor de $0,85$ para la función conveniencia (*desirability function*) de un máximo posible de 1 .

El jugo deshidratado con los parámetros optimizados se evaluó sensorialmente en una gelatina (Fig. 2). La prueba indicó que el 59% de los encuestados seleccionaron -me gusta mucho- y el 41% restante coincidieron en la categoría de -me gusta-, por lo que puede ser considerado como un producto con potencial para su comercialización.

CONCLUSIONES

Se logró un óptimo con temperatura del aire de entrada de 138°C y $70\% \text{ m/m}$ de soporte para el secado por aspersión del jugo concentrado de naranja. Con esta combinación se obtuvo un producto con 82% de rendimiento; $4,2\%$ de humedad; $72,8\%$ de retención de ácido ascórbico y $10 \mu\text{m}$ de diámetro medio de partícula. Se determinó que el jugo deshidratado de naranja con los parámetros optimizados es de buena calidad sensorial para su uso como saborizante.

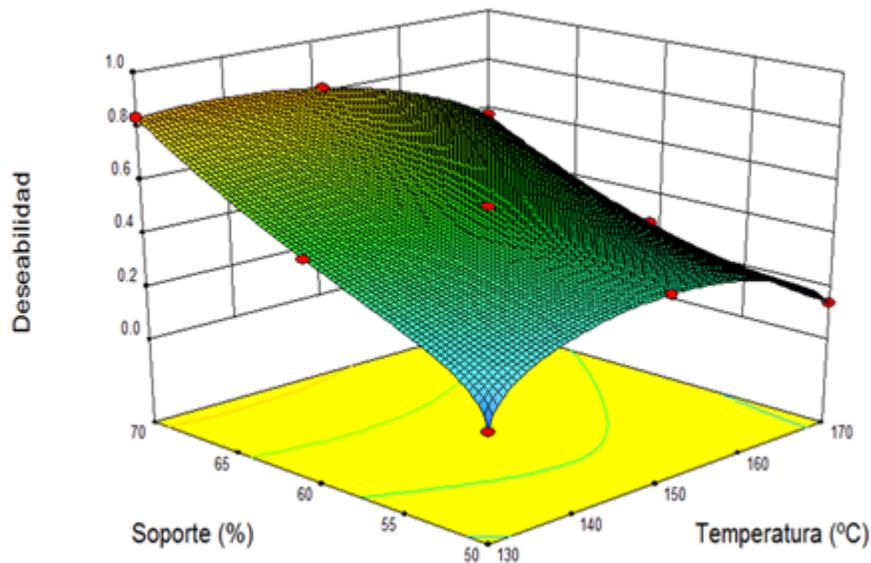


Fig. 1. Gráfico de optimización del proceso.

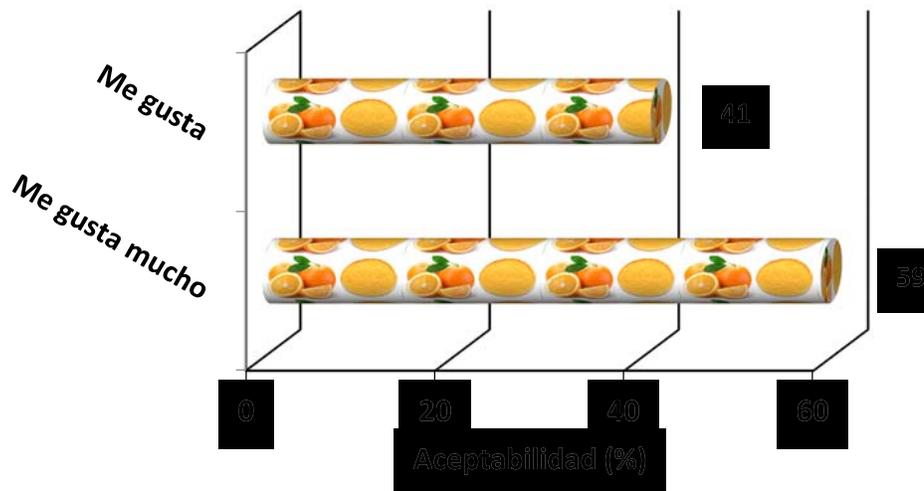


Fig. 2. Gráfico de aceptación de la evaluación sensorial del producto.

REFERENCIAS

- Shishir MRI, Chen W. Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices. *Trends Food Sci Technol* 2017; 65:49-67.
- Tontul I, Topuz A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. *Trends Food Sci. Technol* 2017; 63:91-102.
- Barbosa J, Teixeira P. Development of probiotic fruit juice powders by spray drying: a review. *Food Rev Int* 2017; 33:335-58.
- Bringas M, Pino J, Aragüez Y. Secado por atomización de jugo de frutas. *Cienc Tecnol Alim* 2014; 24(3):67-72.
- Bringas M, Aragüez Y, Pino J, Gálvez M, Roncal E. Obtención de jugo deshidratado de naranja mediante secado por atomización. *Cienc Tecnol Alim* 2015; 25(2):60-5.
- Yousefi S, Emam-Djomeh Z, Mousavi MS. Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica granatum L.*). *J Food Sci Technol* 2011; 48:677-84.
- Phisut N. Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *Int Food Res J* 2012; 19(4):1297-306.
- AOAC. Official Methods of Analysis. En 18th ed. Association of Official Analytical Chemists; Gaithersburg, MD; 2006.
- Bringas M, Expósito I, Pino J. Influencia de las temperaturas de secado en la obtención de un saborizante microencapsulado de fresa. *Cienc Tecnol Alim* 2013; 23(1):49-54.
- Goula AM, Adamopoulos KG. A new technique for spray drying orange juice concentrate. *Innov Food Sci Emerg Technol* 2010; 11:342-51.
- Sootitawant A, Bigeard F, Yoshii H, Furuta T, Ohkawara M, Linko P. Influence of emulsion and powder size on the stability of encapsulated d-limonene by spray drying. *Innov Food Sci Emerg Technol* 2005; 6:107-14.
- Espinosa J. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Editorial Universitaria, La Habana; 2007.
- Chegini RG, Ghobadian B. Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technol* 2005; 23:657-68.
- Islam MZ, Kitamura Y, Yamano Y, Kitamura M. Effect of vacuum spray drying on the physicochemical properties, water sorption and glass transition phenomenon of orange juice powder. *J Food Eng* 2016; 169:131-40.
- Montgomery DC. Design and Analysis of Experiments. 5th ed., John Wiley and Sons, Inc., New York, 2013.
- Shrestha AK, Ua-arak T, Aghikari B, Bhandari B. Glass transition behavior of spray dried orange juice powder measured by differential scanning calorimetry (DSC) and thermal mechanical compression test (TMCT). *Int J Food Prop* 2007; 10:661-73.
- Papadakis SE, Gardeli C, Tzia C. Spray drying of raisin juice concentrate. *Drying Technol* 2006; 24:173-80.
- Aragüez Y, Pino J, Bringas-Lantigua M, Roncal E. Optimización del secado por aspersión de jugo concentrado de naranja. *Cienc Tecnol Alim* 2017; 27(1):29-34.

19. Moreira GEG, de Azeredo HMC, de Medeiros MFD, de Brito ES, de Souza ACR. Ascorbic acid and anthocyanin retention during spray drying of acerola pomace extract. *J Food Process Preserv* 2010; 34:915-25.
20. Singh VK, Mandhyan BL, Pandey S, Singh RB. Process development for spray drying of ber (*Ziziphus jujube* L.) juice. *Am. J Food Technol* 2013; 8(3):183-91.
21. Cuevas-Glory L, Bringas-Lantigua M, Sauri-Duch E, Sosa-Moguel O, Pino J, Loría-Sunsa H. Spray drying and process optimization of sour orange juice. *Acta Alimentaria* 2017; 46(1):17-26.
22. Bertolini AC, Siani AC, Grosso CRF. Stability of monoterpenes encapsulated in gum Arabic by spray-drying. *J Agric Food Chem* 2001; 49:780-85.