

VALORACIÓN DEL MODELO DE BHANDARI PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE MALTODEXTRINA EN EL SECADO POR ASPERSIÓN DE PULPAS DE FRUTAS

Laura M. Rodríguez-Hernández¹, Yojhansel Aragüez-Fortes¹ y Jorge A. Pino^{1, 2}*

¹Instituto de investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3 ½, CP 19200, La Habana, Cuba.

²Dpto. Alimentos. Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. La Habana, CP 13600, Cuba.

E-mail: jpino@iiaa.edu.cu

Recibido: 19-03-2021 / Revisado: 26-03-2021 / Aceptado: 13-04-2021 / Publicado: 30-04-2021

RESUMEN

El modelo semi-empírico de Bhandari desarrollado en 1997 para calcular el contenido mínimo de maltodextrina para secar por aspersión materiales ricos en azúcares en base a su composición fue evaluado en el secado por aspersión de pulpas de guayaba y acerola. El modelo fue válido para los experimentos realizados, aún en condiciones de operación diferentes a las usadas originalmente.

Palabras clave: pulpas de frutas, secado por aspersión, maltodextrina, modelación.

ABSTRACT

Valuation of the Bhandari's model to calculate the content of maltodextrin in the spray-drying of fruit pulps

The semi-empirical model of Bhandari developed in 1997 to calculate the minimum maltodextrin content to spray-dry sugar-rich materials based on its composition was evaluated in the spray-drying of guava and acerola pulps. The model was valid for the tested experiments, still under operation conditions different to those originally used.

Keywords: fruit pulps, spray-drying, maltodextrin, modeling.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la industria alimentaria ha incrementado la elaboración de productos naturales debido a la demanda de los consumidores en reducir el uso de aditivos sintéticos con posibles riesgos para la salud. La mayoría de las frutas tropicales poseen colores y sabores intensos que las hacen candidatas como fuente de diversas sustancias cuyo consumo puede traer beneficios a la salud (1). Por esta razón, es un desafío para la industria alimentaria el desarrollo de productos que proporcionen inocuidad, beneficios y satisfacción al consumidor.

***Jorge A. Pino-Alea:** Investigador titular del Departamento de Aromas del IIAA. Doctor en Ciencias Técnicas (CNIC, La Habana, 1980) y Doctor en Ciencias (IFAL, La Habana, 2011). Miembro titular de la Academia de Ciencias de Cuba. Investiga en la química y tecnología del aroma de los alimentos y aceites esenciales.

La búsqueda de nuevas formas de consumo de las frutas podría alargar su vida útil, incrementar su consumo y acercar sus propiedades beneficiosas a los consumidores (2). Debido a ello, uno de los procesos más utilizados en la industria alimentaria es la deshidratación (3). Con esta técnica se confiere al producto una mayor estabilidad, menor volumen y facilidad de transportación (1, 4). Dentro de estas técnicas, el secado por aspersión es una de las más comunes, de bajo costo y que conserva las propiedades originales del producto (5).

Uno de los principales inconvenientes de la deshidratación de derivados de frutas es la aglomeración del producto deshidratado durante y después del proceso, debido a que son matrices ricas en azúcares y ácidos orgánicos (6, 7). Por tal razón, es necesario optimizar los parámetros de operación y considerar la adición de soportes que minimicen este problema, causado por una baja temperatura de transición vítrea (T_g) de los azúcares de baja masa molecular en las pulpas de frutas, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, así como de ácidos orgánicos, tales como el ácido cítrico (4, 5). La T_g se define como la temperatura a la cual la fase amorfa del polímero se transforma en cristalina (7). Los soportes más comúnmente usados para los jugos de frutas son biopolímeros que aumentan la T_g del producto como la maltodextrina (MD), goma arábiga, almidones químicamente modificados, ciclodextrinas, celulosa y derivados, así como varias proteínas (5).

Bhandari en 1997 (8) reportó una correlación entre la T_g y el comportamiento de secado de soluciones de glucosa, fructosa, sacarosa y ácido cítrico con la MD. En el trabajo se planteó un enfoque semi-empírico para optimizar la cantidad de aditivo que debía agregarse con los alimentos ricos en azúcares y ácido cítrico

antes del secado por aspersión, asignando valores de índice de secado a los componentes individuales de acuerdo con su capacidad para secarse con éxito en un sistema de secado por aspersión y relacionando con un índice general Y . Los valores del índice se calcularon de modo que cuando $Y < 1$ se dificulta el secado, $Y = 1$ indica un secado marginalmente exitoso y $Y > 1$ un secado exitoso. En esta modelación se consideró al rendimiento como criterio para considerar exitoso el secado por aspersión y un rendimiento mayor o igual a 50 % ya es exitoso.

Llama la atención que los investigadores no hayan usado este modelo, salvo en dos estudios recientes, uno de secado por aspersión de pulpa de guayaba (9) y otro de pulpa de acerola madura (10).

El objetivo de este trabajo fue valorar el modelo semi-empírico de Bhandari en otras pulpas de frutas y condiciones de secado por aspersión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon pulpas de guayaba y acerola en una planta piloto de vegetales, siguiendo los procedimientos normalizados (9, 10). La Tabla 1 muestra las características de las pulpas procesadas.

Como soporte para el secado se usó MD con equivalente de dextrosa 10 y 5,4 % m/m de humedad (IMSA, Guadalajara, México). Se empleó agua suavizada para preparar las mezclas, las que se pasaron por un tamiz con perforaciones de 0,6 mm. Se utilizó MD en concentraciones de 50,0; 62,5 y 75,0 % m/m en base a los sólidos solubles para la pulpa de guayaba y en concentraciones de 50,0; 60,0 y 66,7 % m/m para la pulpa de acerola madura.

Tabla 1. Características de las pulpas de frutas

Indicador	Guayaba	Acerola
Sólidos refractométricos (°Brix)	16,2 ± 0,2	6,0 ± 0,2
Acidez (g/100 g, como ácido cítrico)	0,72 ± 0,02	0,60 ± 0,03
pH	4,2 ± 0,01	3,4 ± 0,01
Humedad (g/100 g)	84,50 ± 0,02	86,70 ± 0,01
Sacarosa (g/100 g)	0,7 ± 0,1	0,6 ± 0,1
Glucosa (g/100 g)	2,6 ± 0,1	1,8 ± 0,1
Fructosa (g/100 g)	3,4 ± 0,1	1,7 ± 0,1

Las experiencias se hicieron, a escala de laboratorio, en un secador por aspersión SD-05 (LabPlant Ltd., Huddersfield, Inglaterra). Los parámetros de secado fueron velocidad de evaporación del agua 1,0 kg/h, temperatura de alimentación de la mezcla 20 °C, velocidad de flujo de alimentación de la mezcla 0,52 L/h, atomizador con abertura de 0,75 mm, velocidad de flujo del aire de secado 63 m³/h y velocidad de flujo del aspirador 43 m³/h. Se evaluaron temperaturas del aire de entrada entre 130 y 170 °C. La temperatura del aire de salida se mantuvo entre 70 y 80 °C. Los experimentos se hicieron al azar y en cada uno se secaron de 200 a 300 g de mezcla, con 30 % de sólidos en la alimentación.

A las pulpas se le determinaron sólidos refractométricos, acidez titulable, pH potenciométrico según métodos oficiales (11). El contenido de humedad se determinó en un analizador de humedad Sartorius mod. MA35 (Goettingen, Alemania), se calentó durante 2 min a 105 °C y se leyó automáticamente la pérdida de masa (12). El contenido de sacarosa, glucosa y fructosa se determinó mediante cromatografía líquida de alta resolución en un cromatógrafo YL9100 (YL Instrument Co. Ltd., Corea) con detector de índice de refracción. Para la cuantificación se hicieron curvas patrones con cada uno de los azúcares (13).

El rendimiento del proceso se calculó a partir de la relación porcentual entre el total de masa de polvo recuperado y los sólidos en el líquido de alimentación (base seca) (12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ecuación general que describe una mezcla modelo de azúcares y ácido cítrico, para una operación exitosa de secado por aspersión es la siguiente (8):

$$Y = 0,85 X_{\text{sacarosa}} + 0,51 X_{\text{glucosa}} + 0,27 X_{\text{fructosa}} - 0,40 X_{\text{ácido cítrico}} + 1,6 X_{\text{maltodextrina}}$$

Donde *Y*: índice general, *X*: masa fraccional de cada componente en la mezcla a secar.

La Tabla 2 muestra los datos de los experimentos de secado de las pulpas de frutas, en donde aparecen la masa fraccional de cada componente y el índice general calculado.

Para la pulpa de guayaba, sólo los valores de *Y* para la adición de MD al 62,5 y 75 % resultaron mayores de la unidad, mientras que para la pulpa de acerola fueron mayores que uno los valores de *Y* para el 60,0 y 66,7 % de MD, por lo que el proceso debe ser posible en ambos experimentos.

La Tabla 3 muestra los resultados para los experimentos, en general, los experimentos con pulpa de guayaba con 50 % m/m de MD tuvieron rendimientos menores o cercanos al 50 %, mientras que el resto de los experimentos alcanzaron rendimientos superiores de acuerdo con las *Y* > 1, lo que confirma la validez del modelo semi-empírico propuesto.

Tabla 2. Datos de los experimentos de secado de las pulpas de frutas

Fuente	MD (%)	X _{sacarosa}	X _{glucosa}	X _{fructosa}	X _{ácido cítrico}	X _{MD}	Y
Guayaba	50,0	0,050	0,180	0,230	0,050	0,500	0,97
Acerola	50,0	0,064	0,191	0,181	0,064	0,500	0,98
Acerola	60,0	0,051	0,153	0,145	0,051	0,600	1,10
Guayaba	62,5	0,030	0,130	0,170	0,045	0,625	1,13
Acerola	66,7	0,042	0,128	0,121	0,043	0,667	1,22
Guayaba	75,0	0,020	0,080	0,110	0,040	0,750	1,28

MD: maltodextrina adicionada a la matriz de alimentación.

Tabla 3. Rendimientos del secado de las pulpas de frutas

TAE (°C)	Soporte (% m/m)		Rendimiento (%)	
	Guayaba	Acerola	Guayaba	Acerola
130	50,0	50,0	49,3	60,2
130	62,5	60,0	58,6	70,4
130	75,0	66,7	70,2	81,5
150	50,0	50,0	50,2	61,6
150	62,5	60,0	66,9	74,5
150	75,0	66,7	61,0	79,4
170	50,0	50,0	42,6	60,5
170	62,5	60,0	45,5	67,7
170	75,0	66,7	57,4	78,3

TAE: temperatura del aire de entrada.

En el desarrollo original del modelo se operó en el secado con una MD con equivalente de dextrosa 6, un 50 % de sólidos de alimentación y temperaturas del aire de entrada y salida de 150 y 65 °C, respectivamente (8), se planteó que sus resultados eran aplicables para esas condiciones. Debe señalarse que en los experimentos del presente trabajo se trabajó con 30 % de sólidos de alimentación, temperaturas del aire de entrada de 130 a 170 °C y temperaturas del aire de salida entre 70 y 80 °C, diferentes a las condiciones fijadas por Bhandari (8) y, sin embargo, el modelo semi-empírico propuesto se cumplió.

CONCLUSIONES

El modelo semi-empírico de Bhandari desarrollado en 1997 para calcular el contenido mínimo de maltodextrina para secar por aspersión materiales ricos en azúcares en base a su composición resulta una herramienta útil para definir, previamente, los contenidos de maltodextrina. El modelo fue válido en el secado por aspersión de pulpas de guayaba y acerola, aún en condiciones de operación diferentes a las usadas originalmente.

REFERENCIAS

1. Barbosa J, Teixeira P. Development of probiotic fruit juice powders by spray drying: a review. *Food Rev Int* 2017; 33:335-58.
2. Pragati S, Preeti B. Technological revolution in drying of fruit and vegetables. *Int J Sci Res* 2014; 3(10):705-11.
3. Bringas-Lantigua M, Pino JA, Aragüez-Fortes Y. Secado por atomización de jugos de frutas. *Cienc Tecnol Alim* 2014; 24(3):67-71.
4. 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.
5. 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.
6. Muzaffar K, Nayik GA, Kumar P. Stickiness problem associated with spray drying of sugar and acid rich foods: A mini review. *J Nutr Food Sci* 2015; S12:003. DOI:10.4172/2155-9600.1000S12003.
7. Robaina LM, Aragüez-Forte Y, Pino JA. La transición vítrea en relación con la pegajosidad en el secado por aspersión. *Cienc Tecnol Alim* 2019; 29(3):62-9.
8. Bhandari BR, Datta N, Crooks R, Howes T, Rigby S. A semiempirical approach to optimise the quantity of drying aids required to spray dry the sugar-rich foods. *Drying Technol* 1997; 15(10):2509-25.
9. Robaina LM. Secado por aspersión de pulpa de guayaba con el empleo de maltodextrina (tesis de diploma). La Habana: Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana; 2019.
10. Rodríguez-Hernández LM. Secado por aspersión de pulpa de acerola madura (tesis de diploma). La Habana: Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana; 2020.
11. AOAC. Official Methods of Analysis. 21th ed.; Association of Official Analytical Chemist. Gaithersburg, Maryland, EE.UU.: AOAC Internation; 2019.

12. Aragüez-Fortes Y, Robaina-Morales LM, Pino JA. Optimization of the spray drying parameters for developing guava powder. *J Food Process Eng* 2019; e13230. DOI:10.1111/jfpg.13230.
13. Pino JA. Analysis of odour-active compounds of black mangrove (*Avicennia germinans* L.) honey by solid-phase microextraction combined with gas chromatography–mass spectrometry and gas chromatography–olfactometry. *Int J Food Sci Technol* 2012; 47:1688-94.