

OPTIMIZACIÓN DEL SECADO POR ATOMIZACIÓN DE MIEL DE ABEJA

Yojhansel Aragüez, Jorge A. Pino, Madai Bringas y Elda Roncal*
Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia.
Carretera al Guatao km 3½, La Habana, Cuba, C.P. 19200.
E-mail: yojansel@iiaa.edu.cu

RESUMEN

Se optimizaron las temperaturas de secado para la obtención de la miel en polvo mediante un diseño factorial de superficie de respuesta. Se logró un óptimo con temperaturas del aire de entrada y salida de 148 y 85 °C, respectivamente, para la deshidratación de la miel de abeja mediante secado por atomización. Los mejores resultados para cada variable de respuesta de acuerdo a los modelos fueron: 15,7 % de rendimiento; 0,49 kg/h de velocidad de evaporación; 57,7 s tiempo de disolución y 15,6 mg/kg de hidroximetilfurfural (HMF). El producto se evaluó mediante una prueba sensorial de aceptación. Se determinó que la miel deshidratada según los parámetros optimizados se considera como un producto excelente para cremas en galletas dulces.

Palabras clave: miel, secado por atomización, optimización.

ABSTRACT

Optimization of bee honey spray-drying

Drying temperatures were optimized for the obtaining of bee honey powder by means of a factorial design of response surface. An optimum was achieved with inlet and outlet air temperatures of 148 and 85 °C, respectively, for the bee honey spray-drying. The best results for each response according to the models were: 15.7 yield %, 0.49 kg/h of evaporation speed, 57.7 s solubility time and 15.6 mg/kg for hydroxymethylfurfural (HMF). The product was evaluated by acceptance sensory test. The bee honey powder was considered as an excellent product to use in creams for sweet cookies.

Keywords: bee honey, spray drying, optimization.

INTRODUCCIÓN

El secado por atomización es particularmente aplicable al secado de materiales que son sensibles al calor, pues hay menos probabilidad de colorear, oxidar o que sufran pérdida de aroma o degradación (1). El material secado se recupera como un polvo dividido finamente, con partículas bastante uniformes esféricas o en parte esféricas, en un rango estrecho de tamaños, con propiedades físicas, características y densidad a granel (2). El propósito principal del proceso es atrapar ingredientes sensibles, tales como los compuestos del aroma, en un soporte sólido para incrementar su protección y reducir su evaporación (3).

La obtención de un producto seco, caracterizado por una buena fluidez, facilidad de manipulación, pesaje, envase reducido y mayor estabilidad física y química pudiera ser un buen sustituto de la miel fluida (4, 5). La miel de abeja deshidratada puede ser usada para consumo directo, aunque también puede adicionarse a dife-

***Yojhansel Aragüez-Fortes:** *Licenciado en Ciencias Alimentarias (IFAL, 2013). Sus líneas de trabajo están enfocadas fundamentalmente al análisis de aromas y microencapsulación de saborizantes.*

rentes mezclas secas, productos de panadería y dulcería, suplementos nutricionales, entre otros (5, 6). Sin embargo, el secado de la miel es un proceso difícil por su alto contenido de azúcares (4, 7). Una revisión de la literatura revela que existen pocos trabajos relacionados con el secado por atomización de la miel de abeja (8-14), pero todos ellos realizados sin evaluar la optimización del proceso.

El objetivo de este trabajo fue optimizar las temperaturas del aire del secado por atomización con disco rotatorio para obtener miel de abeja deshidratada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó miel de abeja polifloral, certificada por el Centro de Investigaciones Apícolas (CIAPI). Además, como soporte se empleó maltodextrina DE 9 (Glucidex, Lestem, Francia) y agua destilada. La matriz a secar (640 g) consistió en una disolución de miel de abeja (120 g) y maltodextrina (102,8 g) en una proporción de sólidos 1:1, a la cual se le adicionó agua destilada (417,2 g) para lograr un contenido de sólidos del 30 %.

A la miel fluida se le realizaron los siguientes análisis: humedad, acidez, color, contenido de HMF e índice de diastasa, según describen los métodos establecidos (15, 16). La Tabla 1 muestra las características principales de la miel de abeja.

Para realizar la operación de secado, la temperatura de salida fue controlada a través del flujo de alimentación de la disolución miel-maltodextrina-agua (ajustado mediante un embudo separador). La disolución se alimentó con un embudo separador a un secador por atomi-

zación Mobile Minor (Niro Atomizer Ltd., Copenhagen) de disco centrífugo ($3 \times 10^4 \text{ min}^{-1}$). Se evaluaron temperaturas del aire de entrada entre 130 y 170 °C, así como temperaturas del aire de salida entre 75 y 85 °C; intervalos seleccionados de acuerdo a la bibliografía (10, 17). Por experiencias anteriores, la temperatura de salida no debe ser menor de 60 °C, pues está condicionada al flujo de alimentación (mayores flujos conducen a menores temperaturas de salida del aire), lo cual implica que se incorpore una mayor cantidad de agua en la alimentación y que el producto se apelmace en el secador por un exceso de humedad (18).

A la miel fluida se le realizaron los siguientes análisis: humedad, sólidos insolubles, HMF, acidez libre, actividad diastásica y conductividad (15). La determinación de azúcares reductores se realizó por el método volumétrico de Lane-Eynon (19).

A la miel deshidratada se le realizaron los siguientes análisis: humedad en un analizador de humedad Sartorius mod. MA35 (Goettingen, Alemania), con un programa de 2 min a 105 °C; hidroximetilfurfural a partir de 4 g de muestra (15); color a partir de 2 g de muestra, disueltos en 5 mL de agua destilada y se continuó acorde al procedimiento descrito (16). Además, se determinó el tiempo de disolución al disolver 1 g de polvo en 25 mL de agua destilada a 25 °C. La mezcla se agitó en un vaso de precipitados de forma baja de 100 mL con agitación magnética de 900 min^{-1} y con una barra de agitación de 4 x 22 mm. El tiempo requerido para disolver el material completamente se registró (19). La higroscopicidad del producto deshidratado se midió a partir de 1 g de muestra, colocada en un pesafiltro dentro de una desecadora con una solución saturada de

Tabla 1. Características de la miel de abeja empleada

Característica	Resultado	Especificación (NC: 371:2012)
Humedad (g/100 g)	20,2	No mayor de 20
Sólidos insolubles en agua (g/100 g)	0,005	No mayor de 0,1
Hidroximetilfurfural (mg/kg)	7,19	No mayor de 40
Acidez libre (meq/kg)	41,5	No mayor de 50
Azúcares reductores (g/100 g)	4,13	No mayor de 5
Actividad diastásica (U Schade)	37,62	No menor de 8
Color (mm de Pfund)	104,0	-
Conductividad (mS/cm)	0,74	No mayor de 0,8

sulfato de sodio anhidro (81 % humedad) por una semana a 25 °C. La higroscopicidad se expresó como agua adsorbida en g/100 g sólidos secos (20).

Se determinaron la densidad a granel (d_g) y densidad aparente (d_a) a la miel deshidratada (19). Se partió de 1 g de polvo pesado en una probeta de 10 mL y se midió el volumen para calcular d_g . Para el cálculo de d_a , se midió el volumen después de darle 50 golpes a la probeta. La cohesividad se calculó a partir de la relación de Hausner (HR), mediante el cociente d_a/d_g (21).

La superficie externa del polvo fue estudiada por microscopía electrónica de barrido (SEM). 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) a un voltaje de aceleración de 10 kV. La distribución del tamaño de partícula se realizó en el mismo microscopio. El tamaño promedio de partícula se expresó como D_{43} (22).

La miel deshidratada con las condiciones óptimas fue evaluada sensorialmente a partir de una producción de crema untada para confitería y se usó como vehículo, galletas dulces.

La miel deshidratada se utilizó para la elaboración de 500 g de crema. La composición del producto se determinó a partir de varias pruebas de degustación que se hicieron con catadores experimentados. La composición quedó de la siguiente forma: 41,6 % de miel deshidratada; 41,6 % de grasa; 14,0 % de leche en polvo; 1,8 % de glucosa y 0,3 % de lecitina. Los ingredientes secos se mezclaron en un vaso de precipitado de 5 L y posteriormente se adicionó la grasa. Se utilizó una prueba hedónica de aceptación con 80 personas de ambos sexos (entre 20 y 55 años). En esta prueba se usó una escala de cinco categorías: me gusta mucho, me gusta, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta y me disgusta mucho (23).

Se utilizaron las técnicas de superficie de respuesta mediante un modelo de diseño factorial de tres niveles (modelo 3^2), lo que equivale a dos factores con tres niveles. Los factores fueron las temperaturas del aire de entrada y salida, mientras que como variables de respuesta se evaluaron: rendimiento, humedad, velocidad de evaporación, densidad a granel, higroscopicidad, tiempo de disolución e HMF.

La adecuación de los modelos se evaluó mediante la prueba F-Fisher para $p \leq 0,05$. La prueba fue dirigida para comparar los valores experimentales con los valores predichos por el modelo en cuestión. La proximidad entre el valor experimental y predicho se comprobó por el bajo valor de los residuos. Esta observación verifica el ajuste adecuado de los modelos empleados para predecir la variación de cada variable de respuesta como función de las variables independientes (24).

Las temperaturas del aire de entrada y salida fueron optimizadas a partir de las variables de respuesta: rendimiento, velocidad de evaporación, tiempo de disolución y HMF. Las dos primeras variables de respuesta se maximizaron y las otras se minimizaron. Las experiencias se efectuaron aleatoriamente y sus resultados se procesaron con el programa Design-Expert ver. 7.1.5 del 2008 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que la humedad del aire en el secador es un resultado de combinaciones de las temperaturas de entrada y salida (1), se decidió estudiar la influencia de combinaciones de las temperaturas del secador. El programa de los experimentos evaluados y sus respuestas se muestra en la Tabla 2.

La Tabla 3 presenta el modelo para el rendimiento, donde resultaron significativas la temperatura del aire de entrada (X_E) en su término cuadrático, así como el término lineal de la temperatura del aire de salida (X_S). De ellos, el término X_E^2 fue el de mayor aporte. El coeficiente de X_S fue positivo, lo que significa que un aumento de la temperatura del aire de salida favorece el incremento del rendimiento. El factor de interacción entre las temperaturas de entrada y salida ($X_E X_S$) resultó no significativo.

El hecho de que la temperatura del aire de entrada esté relacionada con el rendimiento puede deberse al proceso de transferencia de calor y de masa (el aire transfiere calor por convección a la gota de líquido y la gota transfiere masa que es el agua), así como al bajo valor de T_g de los azúcares en la miel. Al elevarse la temperatura del aire de entrada se favorece que la evaporación del agua sea más rápida con la consiguiente formación de la microcápsula (25).

Tabla 2. Matriz experimental del diseño de superficie de respuesta

T _E (°C)	T _S (°C)	Rendimiento (%)	Humedad (% m/m)	Velocidad de evaporación (kg/h)	Higroscopicidad (g/100 g)	Tiempo de disolución (s)	HMF (mg/kg)
150	80	14,8	1,5	0,89	23,00	59	16,30
150	85	16,2	1,2	0,45	27,30	50	15,60
150	80	14,5	1,4	0,77	23,30	64	15,81
150	75	14,0	1,9	0,89	22,59	70	15,00
150	80	14,4	1,5	0,89	23,10	61	15,31
170	80	13,0	1,1	1,07	27,80	53	18,26
130	80	13,1	2,1	0,54	21,60	92	14,85
150	80	14,6	1,5	0,85	23,80	62	16,00
170	75	12,5	1,8	1,07	22,63	52	17,66
170	85	13,6	1,0	0,60	32,10	49	18,30
130	85	13,8	2,0	0,45	21,80	90	14,62
130	75	12,7	2,3	0,67	20,90	93	13,17

TE: temperatura del aire de entrada; TS: temperatura del aire de salida; HMF: hidroximetilfurfural.

Tabla 3. Modelos codificados del diseño experimental

	Rendimiento (%)	Humedad (% m/m)	Velocidad de evaporación (kg/h)	Densidad a granel (g/mL)	Higroscopiedad (g/100 g sólidos)	Tiempo de disolución (s)	HMF (mg/kg)
Intercepto	14,65	1,46	0,84	0,48	23,63	61,50	15,87
X _E	-0,83	-0,42***	0,18***	-0,054**	3,04***	-20,17***	1,93***
X _S	0,73*	-0,30***	-0,19***	-0,029*	2,51***	-4,33*	0,45*
X _E ²	-1,74**	0,18*	-8,75 x 10 ⁻³	0,057*	0,41	11,00**	0,67*
X _S ²	0,31	0,13*	-0,14*	-0,057	0,65	-1,50	-0,59*
X _E X _S	0,00	-0,12*	-0,062	-0,025	2,14***	0,00	-0,20*
R ²	0,949	0,977	0,928	0,845	0,974	0,963	0,972*
F del modelo	22,52***	51,58***	15,48**	6,50*	44,11***	31,33***	41,12***
F falta de ajuste	6,02	4,67	2,94	9,23	7,16	7,51	0,43

El signo positivo de X_S puede explicarse porque disminuir Tentrada-salida significa que se está alimentando menos masa de matriz, por tanto, habrá menor humedad, disminuirá la humedad relativa del aire y por consiguiente, se obtendrá un producto más seco (1). Debido a ello, el producto no se adhiere a las paredes del secador, lo que favorece al rendimiento.

En el modelo para el contenido de humedad resultaron significativos todos los términos y con un peso similar (de acuerdo al valor absoluto de cada uno) (Tabla 3).

Todos los coeficientes fueron negativos, excepto los coeficientes cuadráticos de ambos factores.

Un aumento de la temperatura del aire de entrada favorece 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. Esto causará la eliminación del vapor de agua. A mayor temperatura del aire, este podrá retener mayor humedad antes de su completa saturación.

El signo negativo de X_s puede explicarse porque un aumento de la temperatura del aire de salida significa que se está alimentando menos masa, por tanto, habrá menor humedad en el sistema y se obtendrá un producto más seco (*I*).

En el modelo para la velocidad de evaporación resultaron significativos el término lineal de la temperatura del aire de entrada (X_E), la temperatura del aire de salida (X_S) y su término cuadrático (X_S^2) como se muestra en la Tabla 3. El coeficiente de X_E resultó con signo positivo y de igual valor modular al término X_S . Por tanto, puede afirmarse que un aumento de la temperatura de entrada y una disminución de la temperatura de salida favorecen el incremento de la velocidad de evaporación. Esto puede explicarse por la cantidad de energía disponible para evaporar el agua del sistema. Mientras mayor sea la diferencia de temperaturas entre la entrada y salida, habrá mayor energía disponible para evaporar el agua. Una alta velocidad de evaporación significa que el proceso de secado es más eficiente y los costos de producción bajan. Mientras más producto se obtenga por hora, menor será el costo de producción.

La densidad a granel es un indicador de calidad importante de los productos secos, debido a razones económicas y funcionales. Para reducir costos de empaque y transportación es beneficioso lograr altas densidades a granel, mientras que bajas densidades a granel influyen otras propiedades del producto seco como son la capacidad para fluir y disolución instantánea (26). En el modelo para la densidad a granel (Tabla 3) resultaron significativos los términos lineal y cuadrático del factor temperatura del aire de entrada, ambos con aporte similar en el modelo.

El coeficiente lineal del término X_E fue negativo, por lo que un incremento de la temperatura del aire de entrada causó una reducción de la densidad a granel en el intervalo estudiado. Un incremento de la temperatura del aire de entrada generalmente produce una disminución de la densidad a granel pues existe una gran tendencia de que la partícula sea hueca (27). Esto puede ser debido al inflado de la partícula y es particularmente común en los soportes particularmente usados. Se ha

reportado que el efecto de la temperatura en la densidad a granel depende de su efecto en el contenido de humedad del producto seco, debido a que el producto con mayor humedad tendrá un mayor peso causado por la presencia de agua, la que es considerablemente más densa que el sólido seco (28).

La cohesividad de los polvos es una propiedad que mide su consistencia y propiedades de flujo, o sea, una menor cohesividad implica mayor capacidad para fluir. Esta última propiedad es conveniente elevarla en los productos deshidratados. La cohesividad se mide por la relación de Hausner (HR), calculada por el cociente de la densidad aparente y la densidad a granel. Si $HR < 1,2$ la cohesividad es baja, si $1,2 \leq HR \leq 1,4$ entonces la cohesividad es intermedia y si $HR > 1,4$ la cohesividad es alta (21). La Tabla 4 presenta las densidades aparentes y los HR determinados en los experimentos.

En el modelo para la higroscopicidad resultaron significativos los términos lineales de las temperaturas del aire (X_E y X_S) y su interacción ($X_E X_S$), todos con aporte similar en el modelo (Tabla 3).

De acuerdo al modelo, una disminución de la temperatura del aire de entrada (X_E) tiende a disminuir la higroscopicidad. El producto deshidratado a mayores temperaturas del aire de entrada fue, en general, más higroscópico debido a una menor humedad. Esto indica que a menor humedad del producto, mayor será su higroscopicidad, es decir, su capacidad para adsorber humedad del medio. Dicho comportamiento se debe a un gradiente de concentración de agua entre el producto y el aire que le rodea, que es mayor con respecto a la humedad del producto.

El signo positivo del término X_S puede explicarse porque aumentar la temperatura del aire de salida significa que se está introduciendo menos masa al secador, por tanto, habrá menor humedad y por consiguiente, se obtendrá un producto más seco (*I*) y por ende, un producto más higroscópico.

En el modelo para el tiempo de disolución fueron significativos los términos lineales de las temperaturas del aire (X_E y X_S), así como el término cuadrático de la temperatura del aire de entrada (X_E^2) (Tabla 3). El aporte de dichos términos al modelo fue desigual pues no todos resultaron del mismo orden ya que el valor de la temperatura del aire de salida fue mucho menor.

Tabla 4. Valores de cohesividad de los productos deshidratados

T _E (°C)	T _S (°C)	Densidad aparente (g/mL)	Cohesividad
150	80	0,6846	1,40
150	85	0,6006	1,41
150	80	0,7065	1,38
150	75	0,5944	1,30
150	80	0,6663	1,35
170	80	0,6526	1,49
130	80	0,7325	1,25
150	80	0,6501	1,36
170	75	0,7907	1,43
170	85	0,6307	1,46
130	85	0,7018	1,23
130	75	0,7083	1,20

T_E: temperatura del aire de entrada; T_S: temperatura del aire de salida.

Como se aprecia en el modelo, el incremento de X_E tiende a disminuir el tiempo de disolución. Esto se debe al efecto de este factor en el contenido residual de humedad. A medida que es más baja la humedad del producto deshidratado, este será más soluble (27). Además, el incremento de la temperatura del aire de entrada generalmente produce un aumento del tamaño de partícula y de esta forma, una disminución del tiempo requerido para disolverla (28). Resultados similares fueron encontrados en el secado de pasta de tomate (29). Sin embargo, se han reportado resultados contradictorios al evaluar la influencia de la temperatura del aire de entrada pues varió a la vez la velocidad del disco centrífugo (11).

El signo negativo de X_S puede explicarse porque un aumento de la temperatura del aire de salida significa que se está introduciendo menos masa al secador, por lo que habrá menor humedad y por consiguiente, se obtendrá un producto más seco (1); por ende, un producto más fácil de disolver. Esto también puede deberse a que al estar más húmedo el producto, este estará más apelmazado, lo que disminuye la superficie de contacto y por tanto, aumenta el tiempo de disolución.

El contenido de HMF es un indicador que ofrece información sobre el calentamiento excesivo de la miel de abeja (30). El contenido de HMF en los experimentos

(Tabla 2) estuvo entre 14,62 y 18,30 mg/kg, valores inferiores a 23,3 y 47,1 mg/kg reportados en un estudio anterior (12).

A partir de un balance de masa se determinó que el contenido de HMF en la miel de abeja fue de 8,98 mg/kg de sólidos de miel. Con este valor fue posible calcular la relación de incremento en cada uno de los experimentos del diseño. En el modelo para el contenido de HMF resultaron significativos todos los términos lineales y cuadráticos de las temperaturas del aire, con excepción del término de la interacción entre ambos factores (Tabla 3). El aporte al modelo fue mayor para la temperatura del aire de entrada y solo fue negativo para la X_S², que por ser un término cuadrático no requiere un análisis de signo. De acuerdo al modelo, con el incremento de las temperaturas del aire ocurrió un aumento del contenido de HMF, lo que era de esperar pues es un indicador del daño térmico de la miel de abeja.

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los modelos se procedió a la optimización de las variables de respuesta, mediante la maximización del rendimiento y velocidad de evaporación, así como la minimización del tiempo de disolución y el contenido de hidroximetilfurfural, pues se consideraron estas variables como las de mayor importancia, lo que a su vez permitió trabajar con dos grados de libertad.

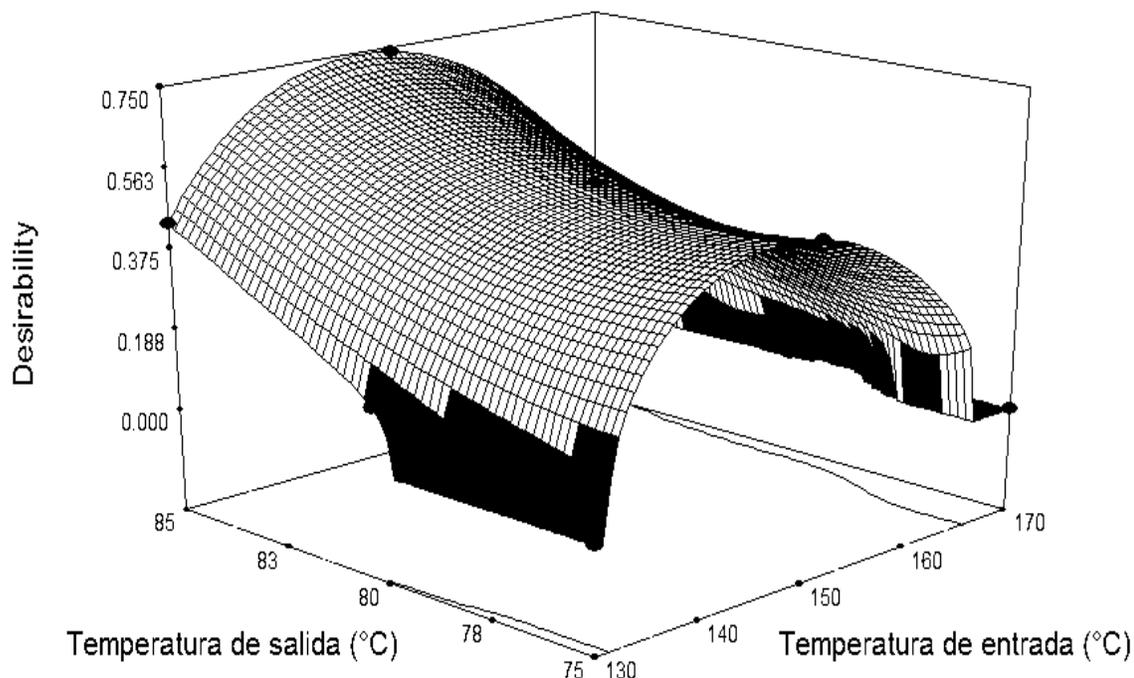


Fig. 1. Gráfico de optimización de las cuatro variables de respuesta.

La prueba sensorial indicó que el 96,7 % de los encuestados coincidieron en las categorías de -me gusta- (62,3 %) y -me gusta mucho- (34,3 %), por lo que la miel deshidratada puede ser considerada como un producto con potencial para su comercialización.

CONCLUSIONES

Se logró un óptimo con temperaturas del aire de entrada y salida de 148 y 85 °C, respectivamente, para la deshidratación de la miel de abeja mediante secado por atomización. Los mejores resultados para cada variable de respuesta de acuerdo a los modelos fueron: 15,7 % de rendimiento; 0,49 kg/h de velocidad de evaporación; 57,7 s tiempo de disolución y 15,6 mg/kg de HMF. La miel deshidratada según los parámetros optimizados es de una alta calidad sensorial para saborizar productos secos.

REFERENCIAS

1. Reineccius, G.A. *Flavor Chemistry and Technology*, Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group. CRC Press, 2006, pp. 351-389.
2. Augustin, M.A.; Sanguansri, L.; Margetts, C. y Young, B. *Food Australia* 56(6):200-223, 2001.
3. Murugesan, R. y Orsat, V. *Food Bioprocess. Technol.* 5:3-14, 2012.
4. Hebbar, H.U.; Rastogi, N.K. y Subramanian, R. *Int. J. Food Prop.* 11:804-819, 2008.
5. Sahu, J.K. *Int. J. Food Eng.* 4(8), Article 9. doi: 10.2202/1556-3758.1356, 2008.
6. Ram, A.K. *Production of spray-dried honey powder and its application in bread* (tesis de maestría, Louisiana State University, USA), 2011.
7. Gharsallaoui, A.; Roudaut, G.; Chambin, O.; Voilley, A. y Saurel, R. *Food Res. Int.* 40:1107-1121, 2007.
8. Nurhady, B., Andoyo, R., Mahani J. y Rossi, I. *Int. Food Res. J.* 19 (3):907-912, 2012.
9. Jedlińska, A., Samborska, K. y Witrowa-Rajchert, D. *Acta Agrophysica* 19 (3):563-574, 2012.
10. Shi, Q., Fang, Z. y Bhandari, B. *Drying Technol.* 31:1681-1692, 2013.
11. Samborska, K. y Bienkowska, B. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 575:91-105, 2013.
12. Samborska, K. y Czelejewska, M. *J. Food Process. Pres.* 38:413-419, 2014.

13. Samborska, K.; Gajek, P. y Kaminska-Dwórnicka, A. Polish J. Food Nutr. Sci. 65(2). doi: 10.2478/pjfn-2013-0012, 2015.
14. Samborska, K., Langa, E., Kaminska-Dwórnicka, A. y Witrowa-Rajchert D. Int. J. Food Sci. Technol. 50:256-262, 2015.
15. NC 730:2012. *Apicultura - Miel de abejas - Métodos de ensayo*. Cuba.
16. NC 1029:2014. *Apicultura - Miel de abejas - Determinación del color - Método espectrofotométrico utilizando el analizador de color para mieles Hanna Hi-96785*. Cuba.
17. Hebbar, U.; Subramanian, R.; Jayaprakash, N. y Rastogi, N.K. 1562/DEL/02. *An improved process for the preparation of spray dried honey powder*. India, 2002.
18. Bringas, M.; Valdés, D. y Pino, J. Int. J. Food Sci. Technol. 47:1511-1517, 2012.
19. Goula, A.M. y Adamopoulos, K.G. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 11:342-351, 2010.
20. Rodríguez-Hernández, G.R.; González-García, R.; Grajales-Lagunes, A. y Ruiz-Cabrera, M.A. Drying Technol. 23:955-973, 2005.
21. Jinapong, N., Suphantharika, M. y Jamnong, P. J. Food Eng. 84:194-205, 2008.
22. Sootitawat, A.; Takayama, K.; Okamura, K.; Muranaka, D.; Yoshii, H.; Furuta, T.; Ohkawara M. y Linko, P. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 6:163-170, 2005.
23. Kemp, S.E.; Holloblood, D y Hort, J. *Sensory Evaluation. A Practical Handbook*, Ney York, John Wiley & Sons Inc., pp. 129-132, 2009.
24. Montgomery, D.C. *Design and Analysis of Experiments*, New York, John Wiley and Sons Inc., 2001.
25. Shiga, H.; Yoshii, H.; Ohe, H.; Yasuda, M.; Furuta, T.; Kuwahara, H.; Ohkawara, M. y Linko, P. Biosci. Biotechnol. Biochem. 68(1):68-71, 2004.
26. Barbosa-Cánovas, G.V. y Juliano, P. Physical and chemical properties of food powders. En: *Encapsulated and Powdered Foods*. Onwulata C. (Ed.). Boca Raton, FL., CRC Press, Taylor & Francis Group, 2005.
27. Walton, D.E. Drying Technol. 18:1943-1986, 2000.
28. Chegini, R.G. y Ghobadian, B. Drying Technol. 23:657-668, 2005.
29. Goula, M.A. y Adamopoulos, G.K. Drying Technol. 26:726-737, 2005.
30. Hebbar H.U., Nandini K.E., Lakshmi M.C. y Subramanian R. Food Sci. Technol. Res. 9(1):49-53, 2003.