

DESARROLLO DE UN SABORIZANTE MICROENCAPSULADO DE CAMELO MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN

Yojhansel Aragüez^{1}, Jorge A. Pino^{1,2} y Sheyla Fundora-Quijada¹*

¹Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carretera al Guatao km 3½, La Habana, Cuba, C.P. 19200.

²Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana. Calle 222 No. 2317, CP 13600, La Habana, Cuba.

E-mail: yojansel@iiaa.edu.cu

Recibido: 22-10-2019 / Revisado: 08-11-2019 / Aceptado: 19-11-2019 / Publicado: 13-01-2020

RESUMEN

Se optimizaron las temperaturas del secado por aspersión para la obtención de un saborizante microencapsulado mediante un diseño factorial de superficie de respuesta 3^2 , se obtuvo un óptimo con temperatura de entrada del aire de 189 °C y temperatura de salida del aire de 84 °C, con el uso de goma arábica y maltodextrina (1:2 m/m) como agentes encapsulantes. De acuerdo con los modelos determinados se logró 93,6 % de rendimiento; 4,1 % de humedad y 96,5 % de retención de saborizante. Se encontró que el saborizante microencapsulado, obtenido según los parámetros optimizados, es de una alta calidad sensorial.

Palabras clave: saborizante, secado por atomización, optimización.

ABSTRACT

Development of a microencapsulated caramel flavouring by spray drying

The spray drying temperatures were optimized to obtain a microencapsulated flavor by means of a response surface factorial design 3^2 , where an optimum was obtained with an air inlet temperature of 189 °C and an air outlet temperature of 84 °C, with the use of gum arabic and maltodextrin (1:2 m/m) as encapsulating agents. According to the obtained models 93.6% of yield was achieved; 4.1% humidity and 96.5% flavor retention. It was determined that the microencapsulated flavor, obtained according to the optimized parameters, is of a high sensory quality.

Keywords: flavoring, spray drying, optimization.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de pequeñas cantidades de saborizantes en los alimentos puede influenciar la calidad del producto, costo y satisfacción del consumidor. La industria alimentaria se encuentra en continuo desarrollo de ingredientes, métodos de procesado y materiales de envasado, con el objetivo de conseguir una mejora de la conservación de alimentos.

Entre las primeras aplicaciones prácticas de la microencapsulación se destaca la industria farmacéutica, médica, textil y alimentos. Las microcápsulas ayudan a

***Yojhansel Aragüez:** *Licenciado en Ciencias Alimentarias (IFAL, 2013) Master en Ciencias Alimentarias (IFAL, 2016). Investigador agregado. Sus principales líneas de trabajo han sido análisis de compuestos volátiles, microencapsulación de saborizantes, secado por aspersión de jugos de frutas y obtención de productos naturales.*

que los materiales alimenticios empleados resistan las condiciones de procesamiento y empaque con una mejora del aroma, sabor, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos (1). La estabilidad de la cubierta es una condición importante para la conservación del aroma y sabor de un alimento. Por ello, hay muchos factores que deben tenerse en cuenta a la hora de encapsular saborizantes: la cubierta o material encapsulante, la proporción entre material activo y material encapsulante, el método de encapsulación elegido y las condiciones de almacenamiento (2-4).

El secado por aspersión es el método más común de microencapsulación de ingredientes alimenticios (5). Esta tecnología es aplicada en la industria alimentaria por ser económica, poseer fácil disponibilidad de equipamientos, costos de procesamiento bajo y buena estabilidad del producto final. La misma se puede aplicar tanto a materiales hidrosolubles como a aceites esenciales (6). Entre los parámetros más importantes de esta tecnología están las temperaturas de entrada y salida del aire en el secador, las cuales tienen gran influencia en la calidad del producto microencapsulado (7). Es recomendable que la temperatura de entrada del aire sea alta para permitir una rápida formación de una membrana semipermeable alrededor de la gota al secarse, pero no puede ser tan alta que cause daño térmico al producto seco (8).

La mayoría de los estudios reportados sobre el efecto de las temperaturas de entrada y salida del aire se han basado en combinaciones puntuales de estas sin considerar su interacción. 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, bajo la consideración de los factores principales (temperaturas del aire) y sus interacciones. Solo algunos autores han utilizado esta metodología para evaluar el efecto de las temperaturas del proceso en la microencapsulación (9-12).

Por ello, el objetivo de la presente etapa de investigación fue obtener un saborizante microencapsulado de caramelo mediante secado por aspersión con buena aceptabilidad para aplicar en mezclas físicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El saborizante líquido de caramelo CY-76, en una variante concentrada, fue preparado a partir de aromáticos químicos importados. Para el secado se utilizaron goma arábiga (Ciudad de México, México) y maltodextrina DE 10 (Guadalajara, México), ambas para uso alimentario. Además, se usó agua suavizada mediante resina de intercambio iónico en ciclo sódico para preparar las mezclas. Los soportes (goma arábiga:maltodextrina 1:2 m/m) se disolvieron en agua tratada (relación soportes/agua de 1:2 m/m) a temperatura ambiente, se mezcló vigorosamente en un vaso de precipitado con agitador mecánico, se dejó reposar durante 24 h antes del secado para garantizar una adecuada hidratación de los soportes y posteriormente se añadió el saborizante. Esta mezcla quedó constituida por 20 % de saborizante (expresado en base seca) que representa, en base seca, un 35 % en sólidos.

Las experiencias se hicieron en un secador por aspersión, a escala de laboratorio, SD-05 (LabPlant Ltd., Huddersfield, R.U.). Los parámetros del secador fueron: velocidad de evaporación del agua 1,0 kg/h, temperatura de alimentación de la mezcla 20 °C, flujo de alimentación de la mezcla 0,52 L/h, atomizador con abertura de 0,75 mm, flujo del aire de secado 63 m³/h y flujo del aspirador 43 m³/h (100 % de su máxima capacidad). Se evaluaron temperaturas de entrada del aire entre 150 y 190 °C y temperaturas de salida del aire entre 70 y 90 °C. Las corridas experimentales se hicieron al azar y en cada una se procesaron 200 g de emulsión.

En las experiencias se calculó el rendimiento por un balance de masas y a los saborizantes microencapsulados, humedad y contenido de saborizante total mediante microextracción en fase sólida (12). El saborizante total fue determinado, mediante el espacio de cabeza, a partir de 0,10 g de saborizante microencapsulado pesados en un vial de 15 mL con tapa de rosca y membrana de silicona, al que posteriormente se le adicionaron 7 mL de agua destilada. Se utilizó una fibra de 50/30 µm DVB/CAR/PDMS y un soporte manual (Supelco, Bellefonte, EE.UU.). Las condiciones analíticas fueron: agitación magnética, 100 min⁻¹; tiempo de pre-extracción, 10 min; tiempo de extracción, 20 min y temperatura de extracción, 35 °C. Los análisis cromatográficos se hicieron en un equipo

Perkin-Elmer Autosystem XL (Shelton, CT, EE.UU.), con una columna de 30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m del tipo AT-5ms (Alltech, Deerfield, IL, EE.UU.) y con detector de llama de hidrógeno. La temperatura del horno fue sostenida a 50 °C por 2 min e incrementada hasta 280 °C a 4 °C/min, e isotérmico final por 10 min. El gas portador helio tuvo un flujo de 1 mL/min. Las temperaturas del inyector y detector fueron de 240 y 250 °C, respectivamente. La inyección se hizo en modo *split/splitless* con 2 min. La estimación de las concentraciones se hizo a partir de las áreas de los picos cromatográficos y el área del estándar interno adicionado (nonanoato de metilo 0,2 mg/mL). Los resultados se expresaron en base seca al considerar la humedad de cada muestra (13).

La retención de saborizante durante el proceso fue calculada teniendo en cuenta que el contenido de saborizante fue 20 % al asumir una retención ideal (11).

La optimización de las temperaturas de entrada y salida del aire se realizó mediante las técnicas de superficie de respuesta. Se utilizó un modelo de diseño factorial de tres niveles (modelo 3²). Los factores fueron las temperaturas de entrada y salida del aire. Las variables de respuesta fueron rendimiento, humedad y retención de saborizante. Todas las variables de respuesta se maximizaron, con excepción de la humedad que se minimizó, para calcular los valores óptimos. La adecuación de los modelos se evaluó mediante la prueba F-Fisher (14). Las experiencias se hicieron

aleatoriamente y sus resultados se procesaron con el programa Design-Expert ver. 8.0.7 del 2010 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis, EE.UU.).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El intervalo estudiado de temperatura de entrada fue 150 a 190 °C, mientras que para la temperatura de salida fue 70 a 90 °C, valores que fueron seleccionados de acuerdo con otros trabajos reportados (9-12). La temperatura de salida del aire 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 (9). La Tabla 1 presenta el programa de los experimentos, mientras que las respuestas aparecen en la Tabla 2.

Los modelos calculados para las tres variables de respuesta del saborizante de caramelo fueron significativos y en todos los casos la falta de ajuste no fue significativa, por lo que estos modelos pueden ser utilizados para representar el comportamiento de las variables de respuesta.

En el modelo para el rendimiento de saborizante microencapsulado resultaron significativos los términos lineales de ambos factores estudiados, así como el término cuadrático de la temperatura de entrada del aire.

Tabla 1. Matriz experimental para la microencapsulación del saborizante de caramelo

Corrida	T _E (°C)	T _S (°C)	Rendimiento (%)	Humedad (% m/m)	Retención de saborizante (%)
1	170	80	88,5	5,0	72,5
2	170	90	90,3	4,0	75,3
3	170	80	91,3	4,7	73,1
4	190	80	95,4	4,0	95,6
5	170	80	87,4	4,7	70,6
6	170	70	85,8	5,0	68,9
7	150	80	76,4	5,0	68,1
8	170	80	90,8	5,3	76,5
9	150	70	71,8	6,6	63,4
10	150	90	78,6	5,5	55,4
11	190	70	86,5	4,3	95,2
12	190	90	91,6	4,0	96,6

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

Tabla 2. Modelos codificados del diseño experimental

Indicador	Rendimiento	Humedad	Retención de saborizante
Intercepto	89,97	4,75	73,70
X _E	7,78***	-0,80***	16,75***
X _S	2,73*	-0,40	-0,03
X _E ²	-4,81**	0,09	7,11*
X _S ²	-2,66	0,09	-2,64
X _E X _S	-0,42	0,20	2,35
R ²	0,96	0,80	0,96
F modelo	29,16***	4,83*	26,60***
F falta de ajuste	1,46	4,04	3,57

X_E: coeficiente temperatura de entrada; X_S: coeficiente temperatura de salida.

*Valor significativo para $p \leq 0,05$; *Valor significativo para $p \leq 0,01$;

***Valor significativo para $p \leq 0,001$.

Los coeficientes de los términos lineales tuvieron signo positivo, por lo que puede afirmarse que un aumento de las temperaturas de entrada y salida del aire favorece el rendimiento. El hecho de que la temperatura de entrada del aire esté directamente 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). Al elevarse la temperatura de entrada del aire se favorece que la evaporación del agua sea más rápida con la consiguiente formación de la microcápsula y un mínimo de saborizante evaporado (8). Por tanto, a menor evaporación del saborizante, habrá mayor rendimiento. El signo positivo para el término lineal de la temperatura de salida del aire puede explicarse porque disminuir $DT_{\text{entrada-salida}}$ significa que se está alimentando menos emulsión, por tanto, habrá menor humedad, disminuirá la humedad relativa del aire y, por consiguiente, se obtendrá un producto más seco (7). Como consecuencia, el producto no se adhiere a las paredes del secador, lo que favorece al rendimiento.

En el modelo para la humedad del saborizante microencapsulado solo fue significativo el término lineal para la temperatura de entrada del aire y con signo negativo. Esto significa que un aumento de este factor 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. Esto causará la eliminación del vapor de agua. A mayor temperatura del aire, este podrá retener mayor humedad antes de su completa saturación (7).

En el modelo para la retención de saborizante microencapsulado fueron significativos la temperatura de entrada del aire y su término cuadrático. El coeficiente del término lineal resultó con signo positivo, por lo que puede afirmarse que un aumento de la temperatura de entrada del aire favoreció la retención de saborizante. Este resultado está acorde con las recomendaciones de que la temperatura de entrada del aire sea alta para permitir una rápida formación de la membrana semipermeable alrededor de la gota al secarse (8), aunque no puede ser tan alta que cause daño térmico al producto. Las mayores pérdidas se producen durante el primer minuto de secado, la velocidad de evaporación disminuye debido a la formación de una membrana selectiva en la superficie de la partícula. En la medida que la temperatura de la partícula alcanza el punto de ebullición del agua se forman burbujas que estallan y causan ruptura de la membrana, lo que conduce a la pérdida de compuestos volátiles. Una vez que se forma la membrana alrededor de la gota el saborizante líquido queda protegido por el soporte y nunca llega a alcanzar la temperatura de salida del aire, es por esto que la misma no tiene ninguna influencia en la retención. Debe señalarse que las retenciones de saborizante para las experiencias a 190 °C (Tabla 2) fueron similares a las reportadas para la microencapsulación de limoneno (15), aceite esencial de mandarina (9), saborizante de fresa (11) y saborizante de coco (12), todas ellas $\geq 90\%$.

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los tres modelos, se procedió a la optimización de las variables de respuesta, mediante la maximización del rendimiento y la retención de saborizante, así como la minimización de la humedad. La Fig. 1 refleja la superficie de respuesta obtenida para la optimización de las variables. Del gráfico de contorno, el punto definido por la temperatura de entrada del aire de 189 °C y temperaturas de salida del aire de 84 °C aproximadamente, fue sugerido como el más adecuado para la microencapsulación del saborizante de caramelo. En este punto se obtuvo un valor de 0,97 para la función objetivo (*desirability function*) de un máximo posible de uno. Con estos parámetros se obtuvo 93,5 % de rendimiento, un producto con 4 % de humedad y 96,6 % de retención de saborizante.

CONCLUSIONES

Para el saborizante de caramelo microencapsulado se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada del aire de 189 °C y una temperatura de salida del aire de 84 °C. El saborizante microencapsulado, según los parámetros optimizados, es de una alta calidad sensorial para elaborar productos secos.

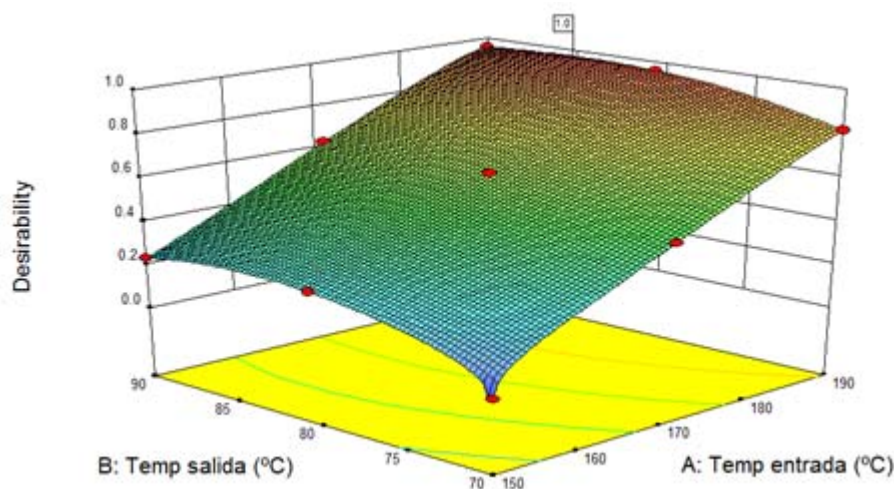


Fig. 1. Gráfico de optimización para la microencapsulación del saborizante de caramelo.

REFERENCIAS

1. Nedovic V, Kalusevic A, Manojlovic V, Levic S, Bugarski B. An overview of encapsulation technologies for food applications. *Proc Food Sci* 2011; 1:1806-15.
2. El Asbahani A, Miladi K, Badri W, Sala M, Aït Addi EH, Casabianca H, El Mousadik A, Hartmann D, Jilale A, Renaud FNR, Elaissari A. Essential oils: from extraction to encapsulation. *Int J Pharm* 2015; 483(1-2):220-43.
3. Bakry AM, Abbas S, Ali B, Majeed H, Abouelwafa MY, Mousa A, Liang L. Microencapsulation of oils: a comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Comp Rev Food Sci Food Safety* 2016; 15:143-82.
4. Favaro C, Santana A, Monterrey E, Trindade M, Netto F. The use of spray drying technology to reduce bitter taste of casein hydrolysate. *Food Hydrocolloids* 2010; 24(4):336-40.
5. Porzio M. Spray drying. *Perf. & Flavorist* 2007; 32(11):34-9.
6. Gharsallaoui A, Roudaut G, Chambin O, Voilley A, Saurel R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Res Int* 2007; 40:1107-21.
7. Reineccius GA. *Flavor Chemistry and Technology*. Boca Raton, FL: CRC Press. Taylor & Francis Group; 2006.

8. Shiga H, Yoshii H, Ohe H, Yasuda M, Furuta T, Kuwahara H, Ohkawara M. y Linko P. Encapsulation of shiitake (*Lenthinus edodes*) flavors by spray drying. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2004; 68(1):68-71.
9. Bringas M, Expósito I, Reineccius G, López O, Pino J. Influence of spray-dryer air temperatures on encapsulated mandarin oil. *Drying Technol.* 2011; 29(5):520-26.
10. Bringas M, Valdés D, Pino J. Influence of spray-dryer air temperatures on encapsulated lime essential oil. *Int J Food Sci. Technol.* 2012; 47:1511-17.
11. 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.
12. Aragüez Y, Bringas M, Pino J, Roncal E. Desarrollo de un saborizante de coco microencapsulado mediante secado por atomización. *Cienc Tecnol Alim* 2013; 23(3):21-6.
13. 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 Alim.* 2017; 46(1):17-26.
14. Montgomery DC. *Design and Analysis of Experiments.* 5th edition. New York: John Wiley and Sons, Inc; 2001.
15. Soottitawat A, Yoshii H, Furuta T, Ohkawara M, Linko P. Microencapsulation by spray drying: influence of emulsion size on the retention of volatile compounds. *J Food Sci.* 2003; 68:2256-62.