

DESARROLLO DE UN SABORIZANTE DE COCO MICROENCAPSULADO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN

Yojhansel Araguez, Madai Bringas, Jorge A. Pino y Elda Roncal*

*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, Carretera al Guatao, km 3 ½,
La Habana, Cuba, C.P. 19200*

**E-mail: madai@iiaa.edu.cu*

RESUMEN

Se optimizaron las temperaturas del secado por atomización para la obtención de un saborizante microencapsulado mediante un diseño factorial de superficie de respuesta 3², donde se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada del aire de 190 °C y una temperatura de salida del aire de 90 °C, con el uso de goma arábica y maltodextrina (1:1,8 m/m) como agentes encapsulantes. De acuerdo a los modelos obtenidos se logró 83,0 % de rendimiento; 1,07 kg/h de velocidad de evaporación; 99,9 % de retención de saborizante; 0,47 % de saborizante superficial, 99,5 % de eficiencia de encapsulación y una alta preferencia sensorial.

Palabras clave: saborizante, secado por atomización, optimización.

ABSTRACT

Influence of drying temperatures on the obtaining of a coconut microencapsulated flavoring

The spray drying temperatures to obtain a microencapsulated flavoring were optimized by response surface design 3², in which an optimal was found at inlet air temperature of 190 °C and outlet air temperature of 90 °C, using Arabic gum and maltodextrin (1:1.8 w/w) as carrier materials. A coconut flavoring was obtained with 83 % yield, 1.07 kg/h evaporation rate, 99.9 % flavor retention, 0.47 % surface flavoring, 99.5 % encapsulation efficiency and a high sensory preference.

Keywords: flavoring, spray drying, optimization.

INTRODUCCIÓN

La incorporación de pequeñas cantidades de saborizantes en los alimentos puede influenciar a 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 (1). Existen varios factores que deben tenerse en cuenta a la hora de encapsular saborizantes: la cubierta o material encapsulante (2), la proporción entre material activo y material encapsulante (3), método de encapsulación elegido y condiciones de almacenamiento (4).

La microencapsulación ha permitido solucionar algunos problemas como son minimizar la pérdida de saborizantes y sus posibles cambios químicos, por re-

**Madai Bringas: Ingeniera Química (CUJAE, 2009). Master en Ingeniería Alimentaria (CUJAE, 2013). Investigadora del Dpto. de Aromas. Sus principales líneas de trabajo han sido normalización y control de la calidad de productos aromáticos, microencapsulación de saborizantes y obtención de productos naturales.*

ducción de la volatilidad y reactividad, con el consiguiente incremento de la estabilidad de los productos alimenticios bajo condiciones ambientales adversas (5).

El secado por atomización es el método más común de microencapsulación de ingredientes alimenticios. 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 (6,7). Es recomendable que la temperatura del aire de entrada 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). Se han informado temperaturas del aire de entrada entre 160 y 210 °C con altas retenciones de volátiles durante el secado por atomización (9-12).

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 (13,14). 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 del aceite esencial de mandarina y en otros saborizantes de limón y fresa (10-12).

La retención de saborizante es el factor más importante que caracteriza el proceso de microencapsulación, pero también deben tenerse en cuenta otros factores como son: rendimiento, velocidad de evaporación, contenido de saborizante superficial y eficiencia de encapsulación, que tienen un peso importante en la selección de los parámetros de esta tecnología.

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un saborizante de coco microencapsulado mediante secado por atomización, para natilla en base seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El saborizante líquido de coco, en su forma concentrada, fue preparado a partir de aromáticos químicos importados. Para el secado se utilizaron goma arábiga (Dallant, Barcelona) y maltodextrina DE <20 (Tate & Lyle Inc.,

Decatur, EE.UU.), ambas para uso alimentario. Además se usó agua suavizada mediante resina de intercambio iónico en ciclo sódico (dureza total: 0 mg/L expresado como CaCO₃) para preparar las mezclas.

Los soportes (goma arábiga:maltodextrina 1:1,8 m/m) se disolvieron en agua tratada (relación soportes/agua de 1:2,3 m/m) a temperatura ambiente, se mezcló vigorosamente 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 líquido. Esta mezcla quedó constituida por 28,6 de goma arábiga 51,4 de maltodextrina y 20 % de saborizante (todos expresados en base seca) que representa, en base seca, el 35 % en sólidos. La emulsión obtenida se alimentó con un embudo separador a un secador por atomización Mobile Minor (Niro Atomizer Ltd., Copenhagen) de escala piloto con disco centrífugo (3 x 10⁴ min⁻¹). Se evaluaron temperaturas de entrada del aire entre 150 y 190 °C, así como temperaturas de salida del aire entre 70 y 90 °C; intervalos seleccionados de acuerdo a la bibliografía (15) y a trabajos anteriores (10-12). En cada experiencia se secaron 0,5 kg de emulsión.

A las emulsiones se le determinaron viscosidad a 25 °C en un viscosímetro Brookfield modelo LVT (12). A los saborizantes microencapsulados se le determinaron peso específico aparente, humedad, rendimiento, velocidad de evaporación, y eficiencia de encapsulación como se reportó anteriormente (10, 12).

El saborizante total fue determinado, mediante microextracción en fase sólida del espacio de cabeza, a partir de 0,10 g de saborizante microencapsulado (precisión 0,01 g) pesados en un vial de 15 mL, al que posteriormente se le adicionaron 7 mL de agua destilada. Se utilizó una fibra de PDMS 100 µm y un soporte manual, comercializados por 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. Estas condiciones fueron determinadas previamente con soluciones patrón. Los resultados se expresaron en base seca al considerar la humedad de cada muestra. Los análisis se hicieron por duplicado y los resultados se promediaron. Los análisis se hicieron en un cromatógrafo de gases Konik 4000A con detector de ionización por llama de hidrógeno y con

una columna capilar (25 m x 0,25 mm x 0,25 μ m) del tipo DB-5. El programa de temperatura fue de 50 °C (2 min) hasta 230 °C a 4 °C/min. Como gas portador se utilizó hidrógeno a una velocidad de flujo de 1 mL/min. Las temperaturas de inyección y detección fueron 220 y 250 °C, respectivamente. La inyección se hizo en modo splitless con un tiempo de 2 min. Para la cuantificación, se utilizó el método de estándar externo (16), con muestras patrones preparadas con concentraciones conocidas del saborizante líquido adicionado a 0,1 g de la mezcla de soportes usada para la microencapsulación. La medición de las áreas de los picos cromatográficos se hizo con el programa EZChrom ver. 6.7. Los análisis se hicieron por triplicado y los resultados se promediaron.

La retención de saborizante durante el proceso fue calculada como se reportó anteriormente (12).

El saborizante superficial fue determinado, mediante microextracción en fase sólida del espacio de cabeza, a partir de 0,10 g de saborizante microencapsulado pesados en un vial de 5 mL, que fue colocado en un baño de agua a 35 °C. Se utilizó una fibra de PDMS 100 μ m y un soporte manual, comercializados por Supelco (Bellefonte, EE.UU.). El tiempo de pre-extracción fue de 10 min y el tiempo de extracción fue de 20 min. Estas condiciones fueron determinadas previamente con soluciones patrones. Los análisis se hicieron por duplicado y los resultados se calcularon como promedios. Estos se expresaron en base seca al considerar la humedad de cada muestra según reportó (10-12).

El saborizante microencapsulado, obtenido con las condiciones óptimas se evaluó sensorialmente como una natilla. 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: 23,0 % de azúcar refino; 16,2 % de leche entera; 5,0 % de maicena; 0,05 % del saborizante microencapsulado y 55,75 % de agua. Los ingredientes se mezclaron vigorosamente en un vaso de precipitado de 5 L. Se utilizó una prueba hedónica de aceptación con 100 personas de ambos sexos (entre 20 y 55 años). En esta prueba se usó una escala de cinco categorías: me disgusta mucho, no me gusta, ni me gusta ni me disgusta, me gusta y me gusta mucho (17).

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), lo que equivale a dos factores con tres niveles. Los factores fueron la temperatura de entrada del aire (150, 170 y 190 °C) y la temperatura de salida del aire (70, 80 y 90 °C), valores que fueron seleccionados de acuerdo a otros trabajos reportados (9-12,18). Las variables de respuesta fueron el retención de saborizante; rendimiento, velocidad de evaporación y contenido de saborizante superficial. La Tabla 1 muestra la matriz experimental. Todas las variables de respuesta se maximizaron, con excepción del contenido de saborizante superficial que fue minimizado, para calcular los valores óptimos. La adecuación de los modelos obtenidos se evaluó mediante la prueba t-Student para p 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 (19). Las experiencias se hicieron aleatoriamente y sus resultados se procesaron con el programa Design-Expert ver. 7.1.5 del 2008 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La viscosidad de las mezclas a secar por atomización es importante, pues este parámetro afecta el tamaño de las microcápsulas y el grosor de sus paredes (13). En el presente estudio, la emulsión obtenida con 20 % m/m de saborizante tuvo una viscosidad de 60 mPaos. Una baja viscosidad permite elevar el contenido de sólidos de la emulsión a secar, lo que favorece una mayor retención de compuestos volátiles (9). Este valor es muy inferior al máximo de 300 mPaos reportado por (7) y similar a 60 mPaos, informado para una emulsión de aceite esencial de mandarina (20).

La Tabla 2 presenta los modelos obtenidos para las cuatro variables de respuesta (retención de saborizante; rendimiento, velocidad de evaporación y contenido de saborizante superficial). Los modelos obtenidos para las cuatro variables de respuesta (retención de saborizante; rendimiento, velocidad de evaporación y contenido de saborizante superficial) del saborizante

Tabla 1. Matriz experimental para el saborizante de coco

T_E (°C)	T_S (°C)	Rendimiento (%)	Velocidad de evaporación (kg/h)	Saborizante superficial (%)	Retención de saborizante (%)
170 [0]	80 [0]	78,3	0,90	0,77	62,3
170 [0]	90 [+1]	80,2	1,04	0,64	66,4
170 [0]	80 [0]	81,3	0,87	0,83	63,3
190 [+1]	80 [0]	87,4	1,05	0,66	90,6
170 [0]	80 [0]	77,6	0,95	0,76	58,6
170 [0]	70 [-1]	75,8	1,31	0,92	48,8
150 [-1]	80 [0]	66,3	0,96	0,86	58,2
170 [0]	80 [0]	80,8	0,90	0,83	63,5
150 [-1]	70 [-1]	61,2	1,25	1,01	53,5
150 [-1]	90 [+1]	68,6	0,83	0,53	45,4
190 [+1]	70 [-1]	76,0	1,40	0,66	87,2
190 [+1]	90 [+1]	81,6	1,04	0,44	99,4

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

Tabla 2. Modelos del diseño experimental para el saborizante de coco

	Retención de saborizante	Rendimiento	Velocidad de evaporación	Saborizante superficial
Intercepto	61,71	80,08	0,93	0,81
X_E	20,02***	8,15***	0,07**	-0,11***
X_S	3,62	2,90*	-0,18***	-0,16***
X_E^2	13,13**	-4,40*	0,03	-0,079*
X_S^2	-3,67	-3,25	0,20**	-0,059
$X_E X_S$	5,08	-0,45	0,02	0,065*
R^2	0,95	0,93	0,93	0,96
F modelo	25,93***	18,48***	16,85***	32,15***
F falta de ajuste	15,57	9,98	0,03	0,0042

X_E : temperatura de entrada X_S : temperatura de salida

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

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

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

de coco fueron altamente significativos ($p \leq 0,001$) y en todos los casos la falta de ajuste no fue significativa, por lo que los modelos pueden ser utilizados para representar el comportamiento de estas variables de respuesta.

En el modelo obtenido para la retención de saborizante solo fueron significativas la temperatura de entrada del aire (X_E) y su término cuadrático (X_E^2). El coeficiente del término lineal resultó con signo positivo, por lo que puede afirmarse que un aumento de la temperatura de entrada del aire, en el intervalo estudiado, favorece 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 por supuesto 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 conlleva la pérdida de 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, es por esto que la misma no tiene ninguna influencia en la retención.

Debe señalarse que solo las retenciones de saborizante para las experiencias a 190 oC fueron similares a las reportadas para la microencapsulación de limoneno (87 a 100 %) (15), del aceite esencial de mandarina (90 a 96 %) (10) y de un saborizante de fresa (12).

En el modelo obtenido para el rendimiento, la temperatura de entrada del aire (X_E) en sus términos lineales y cuadráticos resultaron significativas, así como el término lineal de la temperatura de salida del aire (X_S). Los coeficientes lineales de los términos de las temperaturas de entrada y salida del aire resultaron con signo positivo, por lo que puede afirmarse que un aumento de estos factores favoreció el incremento del rendimiento, mientras que el término cuadrático de la temperatura de entrada dio negativo. El factor de interacción entre las temperaturas de entrada y salida ($X_E X_S$) resultó no significativo.

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 de X_S puede explicarse porque disminuir $\Delta T_{\text{entrada-salida}}$ 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 obtenido para la velocidad de evaporación resultaron significativas la temperatura de entrada del aire (X_E) y la temperatura de salida del aire (X_S) con su término cuadrático (X_S^2). El coeficiente del término lineal de la temperatura de entrada del aire resultó con signo positivo y de menor valor modular al término lineal negativo de la temperatura de salida del aire. De igual forma, el valor modular del término cuadrático de X_S fue mayor que en X_E , lo que significa que la temperatura de salida del aire tuvo una mayor importancia que la temperatura de entrada. Por todo lo anterior, puede afirmarse que un aumento de la temperatura de entrada y una disminución de la temperatura de salida favorecieron 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 la salida, habrá mayor energía disponible para evaporar el agua de la emulsión. 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.

En el modelo obtenido para el contenido de saborizante superficial, donde resultaron significativas la temperatura de entrada del aire (X_E) en sus términos lineales y cuadráticos, así como el término lineal de la temperatura de salida del aire (X_S) y la interacción ($X_E X_S$). Los coeficientes lineales de los términos de las temperatu-

ras de entrada y salida del aire resultaron con signo negativo, por lo que puede afirmarse que un aumento de estos factores causó la disminución del contenido de saborizante superficial. Un aumento de la temperatura de entrada, evidentemente favorecerá una mayor evaporación del saborizante superficial (11, 20). Por otra parte, un aumento de la temperatura de salida del aire es debido a una disminución del flujo de alimentación y por tanto, se produce una mayor transferencia de calor y masa, lo que causa una mayor retención de los compuestos volátiles en el interior de la microcápsula y por ende, queda menos saborizante en el exterior de la microcápsula (10, 11).

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los cuatro modelos se procedió a la optimización de las variables de respuesta, mediante la maximización de la retención de saborizante, rendimiento y velocidad de evaporación, así como la minimización del contenido de saborizante superficial. Del gráfico de contorno, el punto definido por la temperatura de entrada del aire de 190 °C y temperaturas de salida del aire de 90 °C aproximadamente, fue sugerido como el más adecuado para la microencapsulación del saborizante de coco. En este punto se obtuvo un valor de 0,99 para la función objetivo, de un máximo posible de uno.

REFERENCIAS

1. Zeller, B.L. y Salieb, F.Z. *J. Food. Sci.* 61: 749-759, 1996.
2. Imagi, J.; Muraya, K.; Yamashita, D., Adachi, S. y Matsuno, R. *Biosci. Biotech. Biochem.* 24: 289-297, 1992.
3. Minemoto, Y.; Adachi, S. y Matsuno, R. *Biosci. Biotech. Biochem.* 63, 4530-4534, 1999.
4. Yoshii, H.; Sootitawat, A.; Liu, X.; Atarashi, D.; Furuta, T.; Aishima, M. y Linko, P. *Innov. Food. Sci. Emerg. Technol.* 2: 55-61, 2001.
5. Favaro, C.; Santana, A.; Monterrey, E.; Trindade, M. y Netto, F. *Food Hydrocolloids* 24 (4): 336-340, 2010.
6. Gouin, S. *Trends Food Sci. Technol.* 15: 330-347, 2004.
7. Reineccius, G.A. *Flavor Chemistry and Technology*. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL., 2006.
8. 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.
9. Reineccius, G.A. *Drying Technol.* 22: 1289-1324, 2004.
10. Bringas, M.; Expósito, I.; Reineccius, G.; López, O.; Pino, J. *Drying Technol.* 29 (5): 520-526, 2011.
11. Bringas, M.; Valdés, D. y Pino, J. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47: 1511-1517, 2012.
12. Bringas, M.; Expósito, I. y Pino, J. *Cienc. Tecnol. Alim.* 23 (1): 49-54, 2013.
13. Rosenberg, M.; Kopelman, I.J. y Talmon, Y. *J. Agric. Food Chem.* 38: 1288-1294, 1990.
14. Buffo, R. y Reineccius, G. *Perfum. Flavorist.* 25 (4) : 45-54, 2000.
15. Sootitawat, A.; Yoshii, H.; Furuta, T.; Ohkawara, M. y Linko, P. *J. Food Sci.* 68: 2256-2262, 2003.
16. Dierksmeier, G. *Métodos Cromatográficos*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, pp. 210-225, 2005.
17. Espinosa, J. *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. Editorial Universitaria, La Habana. 2007.
18. Expósito, I. *Microencapsulación de aceite esencial de mandarina mediante secado por atomización*. Tesis de Maestría. ISPJAE, La Habana. 2009.
19. Montgomery, D.C. *Design and Analysis of Experiments*. 5th ed. John Wiley and Sons, Inc., New York. 2001.
20. Bringas, M. *Microencapsulación de aceite esencial de mandarina mediante secado por atomización*. Tesis de Diploma de Ingeniería Química, ISPJAE, La Habana. 2009.

El saborizante de coco microencapsulado con los parámetros optimizados se aplicó satisfactoriamente en natilla. El resultado de la prueba sensorial indicó que el 34 % de los encuestados coincidieron en la categoría de -me gusta- y el 61 % en la clasificación de -me gusta mucho-, para un total del 95 % de los encuestados, por lo que puede el saborizante ser considerado como un producto con potencial para su comercialización.

CONCLUSIONES

Se optimizaron las temperaturas para la obtención de un saborizante microencapsulado de coco mediante secado por atomización, a partir de una mezcla constituida 28,6 % de goma arábiga; 51,4 % de maltodextrina y 20 % de saborizante concentrado (todos en base seca). Se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada de 190 °C y una temperatura de salida de 90 °C. Con esta combinación se lograron los mejores resultados para cada variable de respuesta evaluada que fueron: 83,0 % de rendimiento; 1,07 kg/h de velocidad de evaporación; 99,9 % de retención de saborizante; 0,47 % de saborizante superficial; 99,5 % de eficiencia de encapsulación y una alta preferencia sensorial.