

DESARROLLO DE UN SABORIZANTE MICROENCAPSULADO DE QUESO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN

Madai Bringas, Jorge A. Pino, Yojhansel Araguez, Marta Álvarez, Gwendolyne Hernández y Elda Roncal*

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

E-mail: madai@iia.edu.cu

RESUMEN

Se optimizaron las temperaturas en un secador por atomización a escala piloto para la obtención de un saborizante microencapsulado de queso mediante un diseño factorial de superficie de respuesta 3². Se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada del aire de 190 °C y una temperatura de salida del aire de 80,5 °C. De acuerdo a los modelos obtenidos se logró 83,0 % de rendimiento; 0,74 kg/h de velocidad de evaporación; 78,73 % de retención de saborizante y el menor tiempo requerido para la solubilidad del producto (169,2 s). Se determinó que el saborizante microencapsulado según los parámetros optimizados es de una alta calidad para elaborar panes.

Palabras clave: saborizante, secado por atomización, optimización.

ABSTRACT

Development of a cheese microencapsulated flavorings by spray drying

The temperatures in a pilot scale spray dryer were optimized for the obtaining of cheese microencapsulated flavoring by means of a factorial design of response surface 3². An optimum was obtained with an air inlet temperature of 190 °C and an air outlet temperature of 80.5 °C. According to the obtained models, 83.0 % yield, 0.74 kg/h of evaporation speed, 78.7 % of flavoring retention and the minor time required for the solubility of the product (169,2 s) were achieved. According to the optimized parameters, it was determined that the microencapsulated flavoring obtained, was a high-quality flavoring for breadmaking.

Keywords: flavoring, spray drying, optimization.

INTRODUCCIÓN

La encapsulación se puede definir como una técnica por la cual gotas líquidas, partículas sólidas o gaseosas, son cubiertas con una película polimérica porosa que contiene una sustancia activa (1). Respecto al área de alimentos, las aplicaciones de esta técnica se han ido incrementando debido a la protección de los materiales encapsulados de factores como calor y humedad, permitiendo mantener su estabilidad y viabilidad (2,3).

Las microcápsulas ayudan a que los materiales empleados resistan las condiciones de procesamiento y empaquetado, así como mejoran el aroma, sabor, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de sus productos (3-5).

**Madai Bringas Lantigua: Ingeniera Química (ISPJAE, 2009) y Máster in Sciences (ISPJAE, 2013). Aspirante a investigador en el Dpto. de Aromas del Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria. Principales líneas de trabajo: microencapsulación de aceites esenciales y obtención de productos naturales.*

En comparación con otros métodos, el secado por aspersión proporciona una eficiencia de encapsulación relativamente alta. La mayor eficiencia de encapsulación que se alcanza con el secado por aspersión, se encuentra entre 96 y 100 %, valores superiores en comparación con otros métodos (6). Dentro de los parámetros más importantes a controlar durante el secado por aspersión se encuentran las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, flujo de alimentación, tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima (7). Esta técnica se puede aplicar tanto a materiales hidrosolubles como liposolubles. Los méritos de este proceso son la disponibilidad de equipos, bajo costo de los procesos, buena retención de volátiles, buena estabilidad del producto final y producción a gran escala en modo continuo (8,9).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar un saborizante microencapsulado de queso mediante secado por atomización, con el empleo de técnicas de superficie de respuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El saborizante líquido de queso, en una variante concentrada, fue preparado a partir de aromáticos químicos para uso alimentario. Este quedó constituido por 80 % de aromáticos químicos y 20 % de propilenglicol. Para el secado se utilizaron goma arábica (Dallant, Barcelona) y maltodextrina DE 12 (IMSA, Guadalajara, México), 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.

La mezcla de soportes en base seca (goma arábica:MD 1:1,8 m/m) se disolvió en agua tratada (relación soportes/agua de 1:2,3 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, posteriormente se añadió el saborizante y se agitó vigorosamente. Esta mezcla quedó constituida por goma arábica, maltodextrina y saborizante en 28,6 %; 51,4 % y 20 %, respectivamente (todos expresados en base seca). Esto representa, en base seca, el 35 % de 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 trabajos anteriores (10-13). En cada experiencia se secaron 0,5 kg de emulsión.

A los productos microencapsulados se les determinaron tiempo de solubilización, peso específico aparente, contenido de humedad, saborizante total, retención de saborizante, rendimiento y velocidad de evaporación.

El tiempo de solubilización se determinó a partir de 2 g (precisión 0,01 g) de producto deshidratado con 50 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 a 900 min⁻¹ y con una barra de agitación de 8 mm x 12 mm. El tiempo requerido para disolver el material completamente se registró (14).

El peso específico aparente, contenido de humedad, rendimiento y velocidad de evaporación se evaluaron como se reportó anteriormente (11,13).

El saborizante total fue determinado, mediante microextracción en fase sólida del espacio de cabeza, a partir de 0,1 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. 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 µm) 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 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 (13).

El saborizante microencapsulado con las condiciones óptimas se evaluó sensorialmente en panes. El saborizante se añadió al inicio del mezclado junto con el resto de los ingredientes usados en la elaboración del pan. Se utilizó harina de trigo de media fuerza con 12,94 % de humedad; 29,3 % de gluten húmedo y 10 % de gluten seco. Se realizó la prueba de panificación de pan suave con 1 kg de harina y se empleó el método directo con la formulación siguiente: 100 % harina, 52 % agua, 6 % grasa comestible, 2 % sal, 4 % azúcar, 1 % levadura seca y 1 % mejorador. El mezclado se realizó con una mezcladora Diosna (Alemania) durante 15 min. Se pesaron y bolearon porciones de 93 g y se pusieron a dilatar a 32 °C durante 137 min. Las piezas se hornearon en un horno eléctrico de gavetas a 230 °C durante 14 min y posteriormente se dejaron enfriar durante 2 h antes de realizar los análisis.

Los panes se pesaron y se les midió el volumen mediante el desplazamiento de semillas (TGL 22674: 1981) y se calculó el volumen específico. La altura y el diámetro fueron medidos con ayuda de un micrómetro. Todos los análisis fueron realizados por duplicado y los resultados fueron procesados mediante el paquete estadístico Statistica V 8.0 (StatSoft Inc., 2007).

El saborizante microencapsulado con las condiciones óptimas se evaluó en panes con una prueba poblacional para sabor. En ella participaron 100 personas escogidas al azar (15).

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 y la temperatura de salida del aire. Las variables de respuesta fueron retención de saborizante, rendimiento, velocidad de evaporación y solubilidad. Todas las variables de respuesta se maximizaron para calcular los valores óptimos. La adecuación de los

modelos obtenidos se evaluó mediante la prueba t-Student 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 (16). 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

Debido a que parece ser que la humedad del aire en el secador es un resultado de combinaciones de las temperaturas del secador y este es el factor gobernante más que las simples temperaturas (17), se decidió hacer un estudio de optimización de estos factores. El programa de los experimentos evaluados y las respuestas aparecen en las Tablas 1 y 2.

Los modelos obtenidos para las cuatro variables de respuesta del saborizante de queso 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.

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) fueron significativas en el modelo obtenido para la retención de saborizante. 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 la retención de saborizante. Las gotas de líquido alcanzan rápidamente su velocidad terminal en la corriente de aire caliente, a pocos centímetros del aparato de atomización. La evaporación ocurre desde la superficie de las gotas; en el caso de muchos productos, se puede acumular materia sólida como una cubierta impenetrable. Como el calor se transmite rápidamente a las partículas desde el aire caliente, la porción atrapada de líquido en la gota se evapora y hace que la pared de la gota aumente hasta 3 a 10 veces su tamaño original; finalmente, si la temperatura de entrada del aire es muy alta la partícula puede

Tabla 1. Matriz experimental para el saborizante microencapsulado de queso

Corrida	T _E (°C)	T _S (°C)	Rendimiento (%)	Velocidad de evaporación (kg/h)	Solubilidad (s)	Retención de saborizante (%)
1	170 [0]	80 [0]	77,8	0,56	185	55,3
2	170 [0]	80 [0]	79,3	0,58	180	56,5
3	170 [0]	80 [0]	76,6	0,56	195	59,4
4	170 [0]	90 [+1]	80,2	0,34	180	68,2
5	150 [-1]	90 [+1]	62,6	0,17	235	48,5
6	170 [0]	70 [-1]	72,4	0,79	210	50,7
7	190 [+1]	80 [0]	82,6	0,75	170	80,8
8	150 [-1]	80 [0]	63,1	0,46	240	45,0
9	170 [0]	80 [0]	78,3	0,57	175	53,1
10	190 [+1]	90 [+1]	83,0	0,60	165	84,2
11	190 [+1]	70 [-1]	80,6	0,88	190	72,4
12	150 [-1]	70 [-1]	62,3	0,50	245	42,9

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

Tabla 2. Modelos del diseño experimental para el saborizante microencapsulado de queso

	Retención de saborizante	Rendimiento	Velocidad de evaporación	Solubilidad
Intercepto	56,78	77,83	0,57	185
X _E	16,83***	9,70***	0,15***	-32,50***
X _S	5,82**	1,75*	-0,20***	-10,83**
X _E ²	4,68*	-4,66*	0,02**	17,50*
X _S ²	1,23	-1,21	-0,01	7,5
X _E X _S	1,55	0,52	0,05*	-3,75
R ²	0,97	0,97	0,99	0,96
F modelo	38,54***	43,63***	281,59***	0,0003***
F falta de ajuste	2,01	3,83	5,39	0,71

X_E: temperatura de entrada, X_S: temperatura de salida

*Valor significativo para p ≤ 0,05

**Valor significativo para p ≤ 0,01

***Valor significativo para p ≤ 0,001

explotar, se abre un pequeño agujero en la pared lo que provoca la pérdida de volátiles dejando una cubierta hueca y seca de sólido como producto.

Es recomendable que la temperatura de entrada del aire sea alta para permitir una rápida formación de la membrana semipermeable alrededor de la gota al secarse (18), aunque por supuesto no puede ser tan alta que

cause daño térmico al producto. Al aumentar la temperatura del aire de salida disminuye la entrada de flujo al sistema y por tanto, se incorpora menos agua, lo que permite un secado más rápido y eficiente. 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 a 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 (19).

Debe señalarse que solo las retenciones de saborizante para las experiencias a 190 °C (Tabla 1) fueron similares a las reportadas para la microencapsulación de limoneno (87 a 100 %) (10), del aceite esencial de mandarina (90 a 96 %) (11) y de un saborizante de fresa (13).

La temperatura de entrada del aire en sus términos lineales y cuadráticos, así como el término lineal de la temperatura de salida del aire, resultaron significativas en el modelo obtenido para el rendimiento. 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 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). Las partículas de líquido se evaporan rápidamente y se secan antes de que puedan llegar a las paredes del secador sin apelmazarse en las mismas; el polvo seco que se obtiene cae al fondo cónico de la cámara y luego es extraído mediante una corriente de aire hasta el colector de polvos. 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 (18). Por tanto, a menor evaporación del saborizante, habrá mayor rendimiento.

El signo positivo de la temperatura de salida del aire puede explicarse porque al disminuir Tentrada-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 pro-

ducto más seco (19). Como consecuencia, el producto no se adhiere a las paredes del secador, lo que favorece al rendimiento.

La temperatura de entrada del aire en sus términos lineales y cuadráticos, la temperatura de salida del aire y la interacción entre ambas temperaturas resultaron significativas en el modelo obtenido para la velocidad de evaporación. 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. 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 en un menor tiempo, más bajo será el costo de producción.

La temperatura de entrada del aire en sus términos lineales y cuadráticos, así como el término lineal de la temperatura de salida del aire, resultaron significativas en el modelo obtenido para la solubilidad. El menor tiempo es una medida de una mayor solubilidad del producto deshidratado. La solubilidad se incrementó con el aumento de la temperatura de entrada del aire. Esto se debe al efecto de este parámetro en el contenido residual de humedad. A medida que es más baja la humedad del producto deshidratado, este será más soluble. Además, el incremento de la temperatura de entrada del aire generalmente produce un aumento del tamaño de partícula y de esta forma, una disminución del tiempo requerido para disolverla (20, 21). Por otra parte, un aumento de la temperatura de salida del aire es causado por una disminución del flujo de alimentación y esto conduce a una mayor transferencia de calor y masa.

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, velocidad de evaporación y la solubilidad. El punto definido por la temperatura de entrada del aire de 190 °C y temperatura de

salida del aire de 80,5 °C aproximadamente, fue sugerido como el más adecuado para la microencapsulación del saborizante de queso. En este punto se obtuvo un valor de 0,89 para la función objetivo (*desirability function*) (de un máximo posible de uno).

El resultado de la prueba sensorial poblacional de panes saborizados con el saborizante microencapsulado obtenido con los valores óptimos indicó que el 30 % de los encuestados coincidieron en la categoría de -me gusta y el 65 % 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

Para el saborizante microencapsulado de queso se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada del aire de 190 °C y una temperatura de salida del aire de 80,5 °C. Con esta combinación se lograron los resultados siguientes: 83,0 % de rendimiento; 0,74 kg/h de velocidad de evaporación; 78,73 % de retención de saborizante y el menor tiempo requerido para la solubilidad del producto (169,2 s). Se determinó que el saborizante microencapsulado según los parámetros optimizados es de una alta calidad sensorial para elaborar productos secos.

REFERENCIAS

1. Araneda, C. y Valenzuela, F. *Rev. Ciencia Ahora* 22(11):9-19, 2009.
2. Fuchs, M.C.; Turchiuli, M.; Bohin, M.; Cuvelier, C.; Ordonnaud, M. y Dumoulin, E. *J. Food Eng.* 75(1):27-35, 2006.
3. Yañez, J.; Salazar, J.; Chaires, L.; Jiménez, J.; Márquez, M. y Ramos, E. *Rev. Avance y Perspectiva* 21:313-319, 2002.
4. Montes, E.; De Paula, C. y Ortega, F. *Rev. Temas Agrarios* 12:5-12, 2007.
5. Favaro, C.; Santana, A.; Monterrey, E.; Trindade, M. y Netto, F. *Food Hydrocolloids* 24(4):336-340, 2010.
6. Madene, A.J. y Desobry, S. *Int. J. Food Sci. Technol.* 4(1):1-21, 2006.
7. García, G.M.; González, M. y Medrano, H. *Rev. Cienc. Tecnol. Alim.* 4(4):262-266, 2004.
8. Gharsallaoui, A.G.; Roudaut, O.; Chambin, A. y Saurel, R. *Food Res. Int.* 40(9):1107-1121, 2007.
9. Parize, A.T.; Rozone, I.; Costa, V.; Fávere, M.; Laranjeira, A. y Longo, E. *Afr. J. Biotechnol.* 7 (17):3107-3114, 2008.
10. Soottitawat, A.; Yoshii, H.; Furuta, T.; Ohkawara, M. y Linko, P. *J. Food Sci.* 68:2256-2262, 2003.
11. Bringas, M.; Expósito, I.; Reineccius, G.; López, O.; Pino, J. *Drying Technol.* 29(5):520-526, 2011.
12. Bringas, M.; Valdés, D. y Pino, J. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47:1511-1517, 2012.
13. Bringas, M.; Expósito, I. y Pino, J. *Cienc. Tecnol. Alim.* 23(1):49-54, 2013.
14. Goula, A.M. y Adamopoulos, G.K. *Inn. Food Sci. Emerg. Technol.* 11:342-351, 2010.
15. Espinosa, J. *Evaluación Sensorial de los Alimentos*. La Habana, Universitaria, 2007.
16. Montgomery, D.C. *Design and Analysis of Experiments*. 5th ed. New York, John Wiley and Sons, Inc., 2001.
17. Reineccius, G.A. *Drying Technol.* 22:1289-1324, 2004.
18. 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.
19. Reineccius, G.A. *Flavor Chemistry and Technology*. Boca Raton, FL., CRC Press. Taylor & Francis Group, 2006.
20. Walton, D.E. *Drying Technol.* 18:1943-1986, 2000.
21. Goula, M.A. y Adamopoulos, G.K. *Drying Technol.* 26:726-737, 2005.