

## **INFLUENCIA DE LAS TEMPERATURAS DE SECADO EN LA OBTENCIÓN DE UN SABORIZANTE MICROENCAPSULADO DE FRESA**

*Madai Bringas\*, Idalmis Expósito y Jorge A. Pino*  
*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia,*  
*Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana, C.P. 19 200, Cuba.*  
*E-mail: madai@iia.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, donde se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada del aire de 190 °C y una temperatura de salida del aire de 85 °C, con el uso de goma arábiga y maltodextrina (1:1,15 m/m) como agentes encapsulantes. Se logró un saborizante microencapsulado de fresa con 84 % de rendimiento; 91,3 % de retención de saborizante; 7,7 kg/h de velocidad de evaporación; 93,4 % de eficiencia de encapsulación y con una alta preferencia sensorial.

**Palabras clave:** saborizante, secado por atomización, optimización.

### **ABSTRACT**

#### **Influence of drying temperatures on the obtaining of a strawberry microencapsulated flavoring**

The spray drying temperatures to obtain a microencapsulated flavoring were optimized by response surface design, in which an optimal was found at inlet air temperature of 190 °C and an outlet air temperature of 85 °C, using Arabic gum and maltodextrin (1:1.15 w/w) as carrier materials.

A strawberry flavoring was obtained with 84% yield, 91.3% flavor retention, 7.7 kg/h evaporation rate, 93.4% encapsulation efficiency, and a high sensory preference.

**Key words:** flavoring, spray drying, optimization.

### **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad los saborizantes son destinados a los más diversos productos alimenticios y son elaborados por una industria especializada. Existen alimentos en los que se necesita el saborizante en forma sólida, ya sea porque todos los ingredientes son secos o porque se requiere aumentar la vida de anaquel del alimento (1, 2). Los saborizantes en estado sólido pueden ser producidos por dispersión en un soporte sólido o por alguna forma de encapsulación. La dispersión consiste en aplicar el saborizante sobre un ingrediente alimentario, mientras que la encapsulación se basa en la incorporación del saborizante dentro de una matriz

---

*\*Madai Bringas-Lantigua: Ingeniera Química (ISPJAE, 2009). Máster en Ingeniería Alimentaria (ISPJAE, 2013). Aspirante a Investigador: Desarrolla su quehacer investigativo en el campo de los saborizantes microencapsulados y obtención de productos naturales.*

sólida de algún material alimentario. Estos materiales pueden ser almidones o sus derivados, gomas, proteínas, lípidos, ciclodextrinas o alguna combinación (1). Todos estos procesos pueden ser usados para convertir un aroma líquido en una forma sólida fácil de manipular. El propósito principal de la microencapsulación es atrapar ingredientes sensibles, tales como los compuestos volátiles de los saborizantes, en un soporte sólido para incrementar la protección, reducir su evaporación, facilitar la manipulación y controlar su liberación durante la conservación y aplicación (1).

El secado por atomización es un medio simple y económicamente efectivo para producir microcápsulas que contengan a los ingredientes aromáticos distribuidos en una matriz de microencapsulación. Aunque cualquier método de secado puede ser usado para algunas aplicaciones, el secado por atomización es el proceso más utilizado para microencapsular saborizantes (1, 3-5). 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 (1, 5).

El objetivo del presente trabajo fue optimizar las temperaturas de entrada y salida del aire para la obtención de un saborizante microencapsulado de fresa, mediante secado por atomización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El saborizante líquido de fresa fue preparado a partir de aromáticos químicos importados. Para el secado se utilizaron goma arábica (Dallant, Barcelona) y maltodextrina DE <20 (Tate & Lyle Inc., Decatur, EE.UU.), ambas para uso alimentario. Además se empleó agua suavizada mediante resina de intercambio iónico en ciclo sódico (dureza total: 0 mg/L expresado como CaCO<sub>3</sub>) para preparar las mezclas.

Los soportes (goma arábica:maltodextrina 1:1,15 m/m) se disolvieron en agua tratada (relación soportes/agua de 1:2,3 m/m) a temperatura ambiente, se mezcló vigorosamente en un tanque 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 36,1 % de goma arábica, 41,7 % de maltodextrina y 22,0 % de saborizante (todos expresados en base seca). La mezcla se alimentó a un

secador por atomización Niro Production Minor (Niro Atomizer Ltd., Columbia, EE.UU.) de disco centrífugo (2 x 10<sup>4</sup> min<sup>-1</sup>). Se evaluaron temperaturas de entrada del aire entre 150 y 190 °C, así como temperaturas de salida del aire entre 80 y 100 °C, valores que fueron seleccionados de acuerdo a otros trabajos reportados (3, 4, 7). En cada experiencia se procesaron 3 kg de mezcla.

La viscosidad de la mezcla se midió en un viscosímetro Brookfield modelo LVT a partir de 250 mL de muestra, a una velocidad de 30 min<sup>-1</sup> y 25 °C. Las lecturas se hicieron a los 15 s de iniciada la rotación con el husillo No. 1 (SP1). Los análisis se hicieron por duplicado y los resultados se expresaron como promedios. El peso específico aparente se determinó a partir de 25 g de saborizante microencapsulado en una probeta de 100 mL. Esta se golpeó sobre una superficie dura 50 veces consecutivas para compactar al polvo y finalmente medir el volumen ocupado en la probeta. Cada muestra fue analizada por duplicado y los resultados se expresaron como promedios. El contenido de humedad se determinó con un analizador de humedad. La muestra se calentó durante 2 min a 105 °C con radiación infrarroja y se registró automáticamente la pérdida de peso. Los análisis se hicieron por duplicado y los resultados se expresaron como promedios. Se calculó el rendimiento del saborizante microencapsulado a partir de la masa del producto en base seca obtenido de una masa de mezcla. La expresión de cálculo provino de un balance de materiales dado por la ecuación:

$$R = \frac{P \times X_p}{L \times X_L} \times 100$$

donde:

R: Rendimiento (% m/m)

L: Masa de líquido del que se alimenta al equipo

X<sub>L</sub>: Fracción de sólidos en el líquido de alimentación

P: Masa de polvo obtenido

X<sub>p</sub>: Fracción de sólidos en el polvo obtenido

La velocidad de evaporación se determinó a partir de la masa de agua evaporada y el tiempo de duración de cada corrida de secado, medido desde el inicio del bombeo de los 3 kg de mezcla hasta que toda la masa pasó al secador según la siguiente ecuación:

$$VE = \frac{m_{AE} \times 60}{t_c}$$

donde:

VE: Velocidad de evaporación (kg/h)

M<sub>AE</sub>: Masa de agua evaporada (kg)

t<sub>c</sub>: Tiempo de corrida (min)

El saborizante retenido después de la microencapsulación fue determinado a partir de 10 g de saborizante disueltos en 200 mL de agua destilada. Se extrajo en un embudo separador con 20 mL de éter etílico. Esta operación se realizó tres veces hasta la extracción total, se añadió sulfato de sodio para eliminar la humedad y se concentró en un Kuderna-Danish (tarado previamente) acoplado a una columna de fraccionamiento (1 x 15 cm) hasta eliminación del disolvente. Se llevó a peso constante en una desecadora y se pesó. Los análisis se hicieron por duplicado y los resultados se promediaron.

La retención de saborizante (RS) durante el proceso fue calculada por la expresión siguiente, teniendo en cuenta que el contenido de saborizante fue 8 % al asumir una retención ideal:

$$RS = \frac{\text{Contenido saborizante retenido}}{\text{Contenido saborizante teórico}} \times 100$$

El saborizante superficial fue determinado a partir de 10 g de saborizante microencapsulado, pesados en un vaso de precipitado de 10 mL y se agitó durante 5 min con 25 mL de éter. Se filtró a través de un embudo con papel de filtración rápida y con una pequeña porción de sulfato de sodio anhidro hacia un Kuderna-Danish (tarado previamente) acoplado a una columna de fraccionamiento y se realizaron dos lavados consecutivamente con éter etílico. Se concentró hasta eliminación del disolvente, en una desecadora se llevó a peso constante y se pesó. Los análisis se hicieron por duplicado

y los resultados se promediaron. Estos se expresaron en base seca al considerar la humedad de cada muestra, según la siguiente ecuación:

$$S_s = \frac{m_s \times 100}{m \left(1 - \frac{H}{100}\right)}$$

donde:

S<sub>s</sub>: Porcentaje de saborizante superficial en base seca (% m/m)

m<sub>s</sub>: Masa de saborizante en la muestra analizada (g)

m: Masa de muestra (g)

H: Porcentaje de humedad (% m/m)

El saborizante microencapsulado con las condiciones óptimas fue evaluado sensorialmente, para ello se prepararon 10 L de refresco. La composición del producto se determinó a partir de varias pruebas de degustación que se hicieron con catadores experimentados en la evaluación de refrescos. La composición quedó de la siguiente forma: 20 % de azúcar refinado; 0,5 % de ácido cítrico anhidro y 0,04 % del saborizante microencapsulado. Se utilizó una prueba hedónica de preferencia con 100 personas de ambos sexos y en el rango de edad entre 20 y 50 años. En esta prueba se empleó una escala de cinco categorías: me disgusta muchísimo (1), me disgusta mucho (2), ni me gusta ni me disgusta (3), me gusta mucho (4) y me gusta muchísimo (5, 8). 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 las temperaturas de entrada y salida del aire, mientras que las variables de respuesta fueron el rendimiento, retención de saborizante, velocidad de evaporación y eficiencia de encapsulación. Las variables de respuesta se maximizaron para calcular los valores óptimos. La adecuación de los modelos obtenidos se evaluó mediante la prueba t de 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 (7). Las experiencias se hicieron aleatoriamente y sus resultados se procesaron con el programa Design-Expert ver. 7.1 (Minneapolis, MN, 2008).

## 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 (9, 10). La mezcla obtenida tuvo una viscosidad de 41 mPa·s. Una baja viscosidad permite elevar el contenido de sólidos de la emulsión a secar, lo que favorece una mayor retención de compuestos volátiles (6). Este valor es muy inferior al máximo de 300 mPa·s reportado (1).

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 (6), se decidió hacer un estudio de optimización de estos factores. Se seleccionó un diseño de superficie de respuesta con un modelo factorial de tres niveles para dos factores: temperaturas de entrada y salida del aire, donde se tomaron como variables respuesta: rendimiento, retención de saborizante, velocidad de evaporación y eficiencia de encapsulación. La Tabla 1 muestra el programa de los experimentos evaluados y las respuestas y La Tabla 2 refleja los modelos del diseño experimental.

Tabla 1. Matriz experimental para el saborizante de fresa

$T_E$ (°C)	$T_S$ (°C)	Rendimiento (%)	Retención de saborizante (%)	Velocidad de evaporación (kg/h)	Eficiencia de encapsulación (%)
190	90	84,6	91,1	7,0	93,0
190	100	83,0	90,0	6,9	92,8
170	90	74,3	86,2	5,7	85,3
150	100	68,2	78,8	4,4	80,2
170	90	75,1	86,4	5,5	85,8
170	90	74,6	86,9	5,7	86,2
170	100	74,9	85,1	5,5	84,9
170	90	73,9	86,0	5,5	85,6
150	80	69,1	79,5	4,6	79,9
150	90	69,8	80,7	4,7	80,6
190	80	83,5	90,9	7,0	93,5
170	80	73,7	85,8	5,7	86,3

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

Los modelos obtenidos para las cuatro variables de respuesta 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 para el rendimiento resultó significativa la temperatura de entrada del aire ( $X_E$ ) y su término cuadrático ( $X_E^2$ ). El coeficiente del término lineal de la temperatura de entrada resultó con signo positivo, por lo que puede afirmarse que un aumento de este factor favoreció el aumento 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 de entrada del aire esté directamente relacionada con el rendimiento, puede deberse a que como es un 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 (3, 4, 11).

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

	Rendimiento	Retención de saborizante	de Velocidad de evaporación	de Eficiencia de encapsulación
Intercepto	74,65	86,40	6,45	85,74
$X_E$	7,33***	5,50***	1,12***	6,43***
$X_S$	-0,03	-0,38*	-0,12*	-0,30
$X_E^2$	2,19***	-0,05*	0,00	-0,25***
$X_S^2$	-0,71	-0,56**	0,06	1,04
$X_E X_S$	0,10	-1,01	-0,04	-0,16
$R^2$	0,99	0,99	0,99	0,99
F modelo	146,14***	303,63***	166,53***	281,51***
F falta de ajuste	2,59	0,66	0,98	1,51

$X_E$ : 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  $p \leq 0,001$

Por tanto, a menor evaporación del saborizante, habrá mayor rendimiento.

En el modelo para la retención de saborizante, la temperatura de entrada ( $X_E$ ), temperatura de salida ( $X_S$ ) y sus términos cuadráticos resultaron significativas. El coeficiente del término lineal para  $X_E$  resultó positivo, mientras que para  $X_S$  fue negativo, por lo que puede afirmarse que un aumento de la temperatura de entrada del aire conjuntamente con la disminución de la temperatura de salida, en el intervalo estudiado, 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 (1, 3, 4, 11), aunque no puede ser tan alta que cause daño térmico al producto. Por otra parte, disminuir la temperatura de salida es una consecuencia del flujo de evaporación, lo que conduce a un secado más rápido y por tanto, a una formación de la microcápsula en menor tiempo, con la consiguiente mayor retención de saborizante.

En el modelo para la velocidad de evaporación resultaron significativas la temperatura de entrada del aire ( $X_E$ ) y la temperatura de salida del aire ( $X_S$ ). El coeficiente del término lineal de la temperatura de entrada del aire resultó con signo positivo, mientras que el de la temperatura de salida fue negativo, por lo que 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 para la eficiencia de encapsulación, solo la temperatura de entrada ( $X_E$ ) y su término cuadrático, resultaron significativos. El coeficiente del término lineal de la temperatura de entrada resultó con signo positivo, por lo que puede afirmarse que un aumento de la temperatura de entrada, en el intervalo estudiado, favorece la eficiencia de encapsulación. Una posible explicación para este resultado es que al tener todas las emulsiones de las diferentes corridas el mismo tamaño de glóbulo, sería de esperar que la cantidad de aceite superficial sea la misma, pero al usar diferentes temperaturas de entrada, evidentemente el empleo de una más alta favorecerá una mayor evaporación del aceite superficial con el consiguiente incremento de la eficiencia de encapsulación (3, 4).

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los cuatro modelos, se procedió a la optimización de las variables de respuesta: rendimiento, retención de saborizante, velocidad de evaporación y eficiencia de encapsulación, mediante su maximización. Del gráfico de contorno, el punto definido por la temperatura de entrada de 190 °C y temperaturas de salida de 85 °C, fue sugerido como el más adecuado para la microencapsulación del saborizante de fresa. En este punto se obtuvo un valor de 0,99 para la función objetivo (*desirability function*) (de un máximo posible de uno).

Con esta combinación de temperaturas se lograron los mejores resultados para cada variable de respuesta: 84,0 % de rendimiento; 91,3 % de retención de saborizante; 7,7 kg/h de velocidad de evaporación y 93,4 % de eficiencia de encapsulación. La prueba hedónica de preferencia poblacional arrojó un valor

medio entre 4 y 5 puntos, lo que equivale a afirmar que la preferencia del producto estuvo entre -me gusta mucho- y -me gusta muchísimo-.

## CONCLUSIONES

Se optimizaron las temperaturas para la obtención de un saborizante microencapsulado de fresa mediante secado por atomización, a partir de una mezcla constituida por 13 % de goma arábiga, 15 % de maltodextrina y 8 % de saborizante líquido de fresa. Se obtuvo un óptimo con una temperatura de entrada de 190 °C y una temperatura de salida de 85 °C. Con estos parámetros se logró un producto con 84 % de rendimiento; 91,3 % de retención de saborizante 7,7 kg/h de velocidad de evaporación; 93,4 % de eficiencia de encapsulación y una alta preferencia sensorial.

## REFERENCIAS

1. Reineccius, G.A. Flavor Chemistry and Technology. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 2006.
2. Sharma, D.K. y Tiwari, B.D. Indian Food Industry 20 (2): 48-51, 74, 2001.
3. Expósito, I. y Pino, J. Cienc. Tecnol. Alim. 20 (1): 67-72, 2010.
4. Bringas, M.; Expósito, I.; Reineccius, G.A.; López, O. y Pino, J.A. Drying Technol. 29 (5): 520-526, 2011.
5. Gouin, S. Trends Food Sci. Technol. 15: 330-347, 2004.
6. Reineccius, G.A. Drying Technol. 22: 1289-1324, 2004.
7. Montgomery, D.C. Design and Analysis of Experiments. 5th edition. John Wiley and Sons, Inc., New York, 2001.
8. Torricella, R.; Zamora, E. y Pulido, H. Evaluación sensorial aplicada a la industria alimentaria. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, La Habana. 1989.
9. Risch, S.J. y Reineccius, G.A. Spray-dried orange oil: Effect of emulsion size on flavor retention and shelf stability. En: Flavor Encapsulation. ACS Symposium Series 370. Risch S.J. y Reineccius G.A. (Eds.), American Chemical Society, Washington D.C., 1988, pp. 67-77.
10. Rosenberg, M.; Kopelman, I.J. y Talmon, Y. J. Agric. Food Chem. 38: 1288-1294, 1990.
11. 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.