

## **EFFECTO DE LAS TEMPERATURAS DE SECADO EN LA OBTENCIÓN DE UN SABORIZANTE MICROENCAPSULADO DE PIÑA**

*Madai Bringas\**, David Valdes, Jorge A. Pino y Yojhansel Aragüez

*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria,  
Carretera al Guatao, km 3½, C.P. 19 200, La Habana, Cuba*

*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, 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 arábica y maltodextrina (1:2 m/m) como agentes encapsulantes. Se logró un saborizante microencapsulado de piña con 84,4 % de rendimiento; 92,3 % de retención de saborizante; 3,6 kg/h de velocidad de evaporación; 93,6 % de eficiencia de encapsulación y con una alta preferencia sensorial.

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

### **ABSTRACT**

#### **Effect of drying temperatures on the obtaining of a pineapple 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 (1:2 w/w) as carrier materials.

A pineapple flavoring was obtained with 84.4 % yield, 92.3 % flavor retention, 3.6 kg/h evaporation rate, 93.6 % encapsulation efficiency, and a high sensory preference.

**Keywords:** flavoring, spray drying, optimization.

### **INTRODUCCIÓN**

El secado por aspersión, conocido también como secado por pulverización, nebulización, atomización, rocío y más comúnmente por spray, es una de las operaciones unitarias más empleadas en la industria química, con una amplia aplicación en la tecnología e ingeniería de alimentos, saborizantes y productos biológicos (1,2).

El proceso de secado por atomización permite la recuperación de los componentes sin alteración de sus propiedades, debido al corto tiempo de exposición a alta temperatura. Entre las ventajas que se describen están la obtención de polvos con partículas totalmente esféricas, se pueden secar productos resistentes y sensibles al calor (3). Su aplicación está ampliamente difun-

---

*\*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.*

didada en la microencapsulación de saborizantes, por su bajo costo y producir partículas que atrapan el material activo (3,4).

Los materiales comúnmente usados en la microencapsulación de saborizantes pueden ser almidones o sus derivados, gomas, proteínas, lípidos, ciclodextrinas o alguna combinación (5). La estabilidad de la cubierta es una condición importante para la conservación de las propiedades aromáticas de un alimento. Por ello, hay muchos factores que deben tenerse en cuenta a la hora de encapsular saborizantes: la cubierta o material encapsulante (6), la proporción entre material activo y material encapsulante (7), temperaturas de entrada y salida del aire durante el secado (en función de lograr la mayor retención de compuestos volátiles y menor humedad del producto) (8) así como las condiciones de almacenamiento (8,9). Se ha reportado 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 (5).

El objetivo del presente trabajo fue optimizar, con ayuda de la metodología de superficie de respuesta, las temperaturas de entrada y salida del aire para la obtención de un saborizante microencapsulado de piña, mediante secado por atomización.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El saborizante líquido de piña CP-21 fue preparado a partir de aromáticos químicos importados, según la formulación establecida en la Planta de Aromas del IIIA. 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 usó 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 104 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). 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. El contenido de humedad se determinó con un analizador de humedad Sartorius mod. MA35 (Goettingen, Alemania) por calentamiento durante 2 min a 105 °C. Todos los análisis se hicieron por duplicado y los resultados se expresaron como promedio.

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 1

$$R = \frac{P \times X_P}{L \times X_L} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

donde R: rendimiento (% m/m); L: masa de líquido del que se alimenta al equipo; XL: fracción de sólidos en el líquido de alimentación; P: masa de polvo obtenido; XP: 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 ecuación 2.

$$VE = \frac{m_{AE} \times 60}{t_c} \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde VE: velocidad de evaporación (kg/h); MAE: masa de agua evaporada (kg);  $t_c$ : 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 repitió tres veces, se añadió sulfato de sodio para eliminar la humedad y se concentró en un matraz Kuderna-Danish con una columna de fraccionamiento hasta eliminación del disolvente. Se colocó en una desecadora y posteriormente se pesó. La retención de saborizante (RS) durante el proceso fue calculada por la ecuación 3, teniendo en cuenta que el contenido de saborizante fue 22 % al asumir una retención ideal.

$$RS = \frac{\text{Contenido saborizante retenido}}{\text{Contenido saborizante teórico}} \times 100 \quad (\text{Ec.3})$$

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 etílico. Se filtró a través de un embudo con papel de filtración rápida y con una pequeña porción de sulfato de sodio anhidro hacia un matraz Kuderna-Danish con una columna de fraccionamiento y se realizaron dos lavados consecutivamente con el disolvente. Se eliminó cuidadosamente el disolvente, el matraz se colocó en una desecadora y posteriormente se pesó. Los resultados se expresaron en base seca al considerar la humedad de cada muestra, según la ecuación 4.

$$S_s = \frac{m_s \times 100}{m \left(1 - \frac{H}{100}\right)} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde SS: porcentaje de saborizante superficial en base seca (% m/m); mS: masa de saborizante en la muestra analizada (g); m: masa de muestra (g); H: porcentaje de humedad (% m/m).

Se preparó un refresco con 20 % de azúcar refino; 0,5 % de ácido cítrico anhidro y 0,04 % del saborizante microencapsulado obtenido con las condiciones óptimas. El refresco se evaluó sensorialmente mediante una prueba hedónica de preferencia con 100 personas de ambos sexos y en el rango de edad entre 20 y 50 años. Se usó 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) (10).

La optimización de las temperaturas de entrada y salida del aire (factores) 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. Las variables de respuesta fueron el rendimiento, retención de saborizante, velocidad de evaporación y eficiencia de encapsulación. Estas se maximizaron para calcular los valores óptimos. La adecuación de los modelos obtenidos se evaluó mediante la prueba F de Fisher para  $p < 0,05$ . 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 (11). Las experiencias se hicieron aleatoriamente y sus resultados se procesaron con el programa Design-Expert ver. 7.1.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La viscosidad de las mezclas a secar por atomización es importante. Las emulsiones muy viscosas se hacen difíciles de bombear y por tanto, hay que calentarlas, lo que trae como consecuencia la pérdida de volátiles (5). Además, este parámetro afecta el tamaño de las microcápsulas y el grosor de sus paredes (12,13). La emulsión obtenida tuvo una viscosidad de 35 mPaos, una baja viscosidad permite elevar el contenido de sólidos de la emulsión a secar, lo que favorece una mayor retención de compuestos volátiles (14). Este valor es muy inferior al máximo de 300 mPaos (5).

**Tabla 1. Matriz experimental para el saborizante de piña**

No.	T <sub>E</sub> (°C)	T <sub>S</sub> (°C)	Rendimiento (%)	Retención de saborizante (%)	Velocidad de evaporación (kg/h)	Eficiencia de encapsulación (%)
1	190	90	83,8	92,2	3,6	93,6
2	190	100	84,0	91,6	3,7	93,0
3	170	90	75,2	89,3	3,1	86,1
4	150	100	66,4	78,8	2,63	81,4
5	170	90	74,8	87,1	2,9	86,8
6	170	90	75,0	87,5	2,8	87,0
7	170	100	72,1	88,4	3,1	87,8
8	170	90	73,5	85,8	2,9	86,0
9	150	80	67,3	80,3	2,4	80,4
10	150	90	68,1	81,2	2,5	81,1
11	190	80	84,4	92,8	3,7	93,8
12	170	80	72,9	86,0	2,9	86,5

T<sub>E</sub>: temperatura de entrada del aire; T<sub>S</sub>: temperatura de salida del aire.

El plan de los experimentos evaluados y las respuestas aparecen en la Tabla 1, mientras que en la Tabla 2 aparecen los modelos codificados del diseño experimental.

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 calculado para la retención de saborizante solo resultó significativa la temperatura de entrada ( $X_E$ ). El coeficiente del término lineal para  $X_E$  resultó positivo, por lo que un aumento de la temperatura de entra-

**Tabla 2. Modelos codificados del diseño experimental para el saborizante de piña**

	Rendimiento	Retención de saborizante	Velocidad de evaporación	Eficiencia de encapsulación
Intercepto	74,34	87,48	2,93	86,62
$X_E$	8,40***	5,88***	0,58***	6,25***
$X_S$	-0,35	0,12	0,07	0,25
$X_E^2$	0,12***	-0,17	-0,05	-0,45
$X_S^2$	2,17*	-0,90	0,11	0,44
$X_E X_S$	-1,27	-0,40	0,06	0,24
$R^2$	0,98	0,91	0,95	0,98
F modelo	113,95***	24,62***	47,09***	163,31***
F falta de ajuste	1,61	0,64	0,15	1,32

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

da del aire, 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 (15), aunque no puede ser tan alta que cause daño térmico al producto.

En el modelo obtenido para el rendimiento resultaron significativas las temperaturas 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 un aumento de este factor favoreció el aumento del rendimiento. 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 (15). Por tanto, a menor evaporación del saborizante, habrá mayor rendimiento.

En el modelo calculado para la velocidad de evaporación resultó significativa la temperatura de entrada del aire ( $X_E$ ). Un aumento de la temperatura de entrada favoreció el incremento de la velocidad de evaporación. Esto puede explicarse por la cantidad de energía disponible para evaporar el agua del sistema. 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 la eficiencia de encapsulación solo resultó significativa la temperatura de entrada ( $X_E$ ). Un aumento de la temperatura de

entrada favoreció la eficiencia de encapsulación. Una posible explicación 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 (16).

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los cuatro modelos se procedió a la optimización de las variables de respuesta. El punto definido por la temperatura de entrada de 190 °C y temperaturas de salida de 85 °C aproximadamente, fue sugerido como el más adecuado para la microencapsulación del saborizante. En este punto se obtuvo un valor de 0,97 para la función objetivo (desirability function) (de un máximo posible de uno).

La prueba hedónica de preferencia poblacional arrojó un valor medio entre cuatro y cinco 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 de piña microencapsulado mediante secado por atomización, a partir de una mezcla constituida por 36,1 % de goma arábica, 41,7 % de maltodextrina y 22,0 % de saborizante líquido de piña. 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 84,4 % de rendimiento; 92,3 % de retención de saborizante; 3,6 kg/h de velocidad de evaporación; 93,6 % de eficiencia de encapsulación y una alta preferencia sensorial.

## REFERENCIAS

1. Brown, G. G. Operaciones básicas de la Ingeniería química. Edición Revolucionaria. La Habana. 1969.
2. Perry's. Chemical Engineers Handbook. Mc Graw - Hill Book Company. 7th ed., New York. 1999.
3. Masters, K. Spray Drying Handbook. Longman Scientific & Technical, Harlow, UK, 1991.
4. Minemoto, Y; Hakamata, K; Adachi, S y Matsuno, R. Oxidation of linoleic acid encapsulated with gum arabic or maltodextrin by spray-drying. J. Microencapsulation 19(2): 181-189, 2002.
5. Reineccius, G.A. Flavor Chemistry and Technology. CRC Press. Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL., 2006.
6. Imagi, J.; Muraya, K.; Yamashita, D.; Adachi, S. y Matsuno, R. Biosci. Biotech. Biochem. 24: 289-297, 1992.

7. Minemoto, Y.; Adachi, S. y Matsuno, R. *Biosci. Biotech. Biochem.* 63: 4530-4534, 1999.
8. Minemoto, Y.; Adachi, S. y Matsumo, R. *J Agric Food Chem.* 45: 4530-4534, 1997.
9. Yoshi, H.; Soottitawat, A.; Liu, X. D.; Atarashi, T.; Furuta, T.; Aishima, S.; Ohgawara M. y Linko, P. *Innov. Food Sci. Emerg. Tech.*, 2: 55-61, 2001.
10. Torricella, R.; Zamora, E. y Pulido, H. 1989. Evaluación sensorial aplicada a la industria alimentaria. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, La Habana.
11. Montgomery, D.C. *Design and Analysis of Experiments.* 5th ed., John Wiley and Sons, Inc., New York. 2001.
12. 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., pp. 67-77, 1988.
13. Rosenberg, M.; Kopelman, I.J. y Talmon, Y. *J. Agric. Food Chem.* 38: 1288-1294, 1990.
14. Reineccius, G.A. *Drying Technol.* 22: 1289-1324, 2004.
15. 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.
16. Bringas, M. Microencapsulación de aceite esencial de mandarina mediante secado por atomización. Tesis de Diploma. ISPJAE, La Habana. 2009.