

EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE UNA EMULSIÓN DE COLA

Madai Bringas, Sarah Gutiérrez, Rogert de Hombre, Margarita Núñez de Villavicencio,
Milenis Rondón y David Valdés.*

*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia,
Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana, C.P. 19 200, Cuba.*

E-mail: sarah@iia.edu.cu

RESUMEN

Se evaluó la influencia de los soportes sobre la estabilidad de una emulsión de cola. El estudio se realizó mediante un diseño de mezcla, con tres componentes (goma arábiga, maltodextrina DE<20 y agua), el resto de los componentes de la emulsión se mantuvieron constantes. El tiempo de homogeneización y la velocidad del homogeneizador fijados, fueron suficientes para lograr una emulsión estable, con un tamaño del glóbulo inferior a 2,5 µm y una separación de aceite esencial inferior a 0,025 mL. El análisis y optimización de los resultados mediante la metodología de superficie de respuesta mostró que para obtener una emulsión de cola estable, la misma debe estar constituida por 14,74 % de goma arábiga; 15,00 % de maltodextrina, 11,93 % de fracción aromática de cola. El tamaño del glóbulo fue de 2,2 µm, la viscosidad de 417 mPaos y una separación de 0,02 mL de fracción aromática en el proceso de centrifugación, lo que indica que la emulsión obtenida posee una alta estabilidad. Se obtuvo como resultado que las causas que afectan la estabilidad de la emulsión de cola son la combinación de las materias primas utilizadas como material encapsulante.

Palabras clave: emulsión de cola, estabilidad, diseño de mezcla, optimización.

ABSTRACT

Evaluation of the stability of a cola emulsion

The influence of the carriers on the stability of a cola emulsion was evaluated. The study was carried out by means of a mixture design, with three components (Arabic gum, maltodextrin DE 20 and water). The fixed time and the homogenization speed were enough to achieve a stable emulsion, with a size globule less than 2.5 µm and a separation of essential oil less than 0.025 mL. The analysis and optimization of the results by means of the surface methodology showed that to obtain a stable cola emulsion, it should be constituted by 14.74% Arabic gum; 15.00% maltodextrin and 11.93% of the cola aromatic fraction. The size of the globule oil was of 2.2 µm, the viscosity of 417 mPaos and a separation of the aromatic fraction in the centrifugation process was 0.02 mL, which means that the emulsion possessed a high stability. The main causes that affect the stability of the cola emulsion were the combination of the grow materials used as carriers.

Key words: cola emulsion, stability, mixture design, optimization.

INTRODUCCIÓN

La estabilidad es la propiedad física más importante de una emulsión. Este término se utiliza con frecuencia en relación con dos fenómenos esencialmente diferentes: la formación de nata o sedimentación y la destrucción debido a la coalescencia de las gotículas. La formación de nata aparece por una diferencia de densidad entre las dos fases y no va acompañada necesariamente de una agregación de gotículas, aunque esto facilita el proceso. La estabilidad de una emulsión puede promoverse por la adición de materiales que

**Sarah Lidia Gutiérrez Rodríguez: Lic. en Alimentos. (UH, 1977). Investigadora titular. Máster en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. (UH. 1998). Dra. en Ciencias Técnicas. Universidad Politécnica de Valencia. (1999). Jefa del Dpto. de Aromas. Labora en el estudio de composición por cromatografía de gases y físicos y químicos de aceites esenciales de cítricos y hierbas aromáticas. Desarrollo de aromas naturales de frutas tropicales. Utilización y caracterización química de los aromas recuperados en el proceso de concentración de los jugos cítricos en la formulación de saborizantes. Obtención de sangre de ganado porcino y bovino secado por aspersión (hemoderivados) para el desarrollo de alimentos para personas con anemia por deficiencia de hierro.*

incrementan la viscosidad (agente espesantes). Por esto, el movimiento de las gotas líquidas se ve limitado y se evita el hundimiento (1).

Generalmente, una emulsión no es un sistema estable, por ejemplo: cuando se agita vigorosamente una mezcla de aceite y agua se forma un líquido lechoso, una emulsión, pero después de cierto tiempo, el aceite sube para formar una capa sobre el agua. Existen diferentes razones para este comportamiento: primero la gravedad específica de las partículas (gotas de aceite) difiere generalmente de la fase continua (agua) y por tanto, las partículas tienden a depositarse (sedimento) o a flotar (crema). En tal caso, es posible que el depósito o la capa de crema permanezcan como emulsión (2, 3). El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de los soportes sobre la estabilidad de una emulsión de cola.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el estudio se utilizó goma arábica (Dallant, Barcelona), maltodextrina DE<20 (Tate and Lyle Inc., Decatur, EE.UU.) y agua suavizada. El procedimiento para la elaboración de las emulsiones consistió en la mezcla de las materias primas: agua, ácido cítrico monohidratado (China) y benzoato de sodio granulado E-211 (China). Posteriormente la mezcla se calentó a 60 °C, se adicionaron paulatinamente la sacarosa y los soportes hasta total disolución y se dejó enfriar hasta 40 °C, momento en el que se adicionó el saborizante de cola. A continuación se realizó la homogeneización en un homogeneizador IKA (Alemania) a 13 500 min⁻¹ durante 10 min (4).

Mediante diseño de mezcla se estudió el efecto de los componentes goma arábica (10 a 20 %), maltodextrina (15 a 35 %) y agua (45 a 75 %), sobre las variables de respuestas: viscosidad, tamaño del glóbulo y estabilidad, que dan una medida de la calidad y estabilidad de la emulsión. El intervalo del porcentaje de la goma arábica se tomó teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas en estudios de estabilidad de emulsiones saborizadas para refrescos (5) y el rango de la maltodextrina teniendo en cuenta el aporte de sólidos a la emulsión y resultados obtenidos en trabajos anteriores (5). La goma arábica y maltodextrina se utilizaron como material encapsulante y el agua, para balancear las combinaciones de estos componentes. El total de

experimentos planteados fue de 24 con 5 kg por cada corrida experimental. Los resultados se analizaron mediante la metodología de superficie de respuesta por el programa Design Expert ver. 6.01 (edición del 2000). La Tabla 1 muestra la matriz de los experimentos planteados por el diseño de mezcla.

La estabilidad de la emulsión se evaluó con una centrifuga MLWT-52 durante 10 min y a 6 000 min⁻¹. El análisis del tamaño del glóbulo se realizó por difracción láser en un analizador de tamaño de partículas LS 230 (Beckman Coulter, Hialeah, FL.). Para la determinación se dispersaron 0,05 mL de emulsión en 125 mL de agua destilada para prevenir efectos de dispersión múltiples. Cada muestra fue analizada por duplicado y los resultados se expresaron como promedios. La distribución del tamaño de glóbulo fue expresada como distribución de volumen y definida como la medida promedio de la emulsión (D_{43}) (6), los análisis se realizaron por duplicado y los resultados se expresaron como promedios. La viscosidad fue determinada mediante un viscosímetro de Brookfield, cada muestra fue analizada por duplicado y los resultados se expresaron como promedios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra los resultados de las variables estudiadas para la emulsión de cola, donde se observa que las variantes cuya viscosidad se encuentran entre 600 y 620 mPa·s presentaron mayor estabilidad (no aparecen valores referativos de la viscosidad, pues estos dependen del porcentaje de goma arábica y de la fracción aromática). El tamaño del glóbulo de aceite estuvo entre 2,6 y 2,7 μm (valores inferiores a 3,0 μm indican que la emulsión es estable) (7). No se observó separación de la fase de aceite durante el proceso de centrifugación (una separación de la emulsión superior a 0,3 mL indica que la emulsión es inestable) (7, 8). Se obtuvieron densidades entre 1,1 y 1,2 g/mL según la relación de los soportes y acorde con los valores de emulsiones similares (4, 9); mientras que el pH alcanzó un máximo de 4,0; lo que resulta en una barrera para el crecimiento microbiano.

Tabla 1. Modelos del diseño experimental

Componente	Viscosidad (mpa-s)	D ₄₃ (μm)	Estabilidad (mL de aceite)
A-goma arábica	12080,99	37,91	2,04
B-maltodextrina	1044,03	7,65	0,15
C-agua	210,12	4,30	0,21
AB	-13943,19	-62,97***	-3,06***
AC	-12539,29	-55,71***	-3,61***
BC	138,90	-11,32***	-0,74***
ABC	-	60,90***	3,34***
R ²	0,89	0,88	0,97
F modelo	41,82***	30,90	128,46
F falta de ajuste	4,00	1,10	0,58

*Valor significativo para p≤0,05

**Valor significativo para p≤0,01

***Valor significativo para p≤0,001

Tabla 2. Matriz experimental del diseño de mezcla

Corridas	Goma arábica (%)	Maltodextrina (%)	Agua (%)	Viscosidad (mpa-s)	D ₄₃ (μm)	Estabilidad (mL de aceite separado)	Densidad (g/mL)	pH
1	10,00	15,00	75,00	170	3,00	0,08	1,114	3,7
2	10,00	25,00	65,00	760	3,00	0,08	1,136	3,7
3	15,00	35,00	50,00	1000	3,60	0,08	1,168	3,8
4	20,00	25,00	55,00	3600	4,30	0,30	1,182	3,8
5	13,33	28,33	58,34	600	2,60	0,00	1,205	3,9
6	20,00	25,00	55,00	3800	4,30	0,60	1,190	3,7
7	20,00	15,00	65,00	1500	3,40	0,30	1,159	3,8
8	10,00	35,00	55,00	640	3,10	0,00	1,183	3,8
9	20,00	15,00	65,00	1440	3,10	0,08	1,172	3,8
10	20,00	15,00	65,00	1360	3,10	0,08	1,158	3,8
11	10,00	15,00	75,00	170	3,00	0,00	1,114	3,8
12	16,67	21,67	61,66	600	2,60	0,00	1,165	3,9
13	20,00	25,00	55,00	920	4,90	0,30	1,185	3,9
14	13,33	28,33	58,34	620	2,60	0,00	1,189	3,9
15	10,00	35,00	55,00	640	2,60	0,00	1,174	3,8
16	15,00	34,33	50,67	1000	4,70	0,30	1,199	3,9
17	20,00	34,33	45,67	1700	3,50	0,33	1,203	3,9
18	10,00	15,00	75,00	130	4,56	0,67	1,152	3,7
19	10,00	15,00	75,00	130	4,5	0,67	1,167	3,8
20	16,67	21,67	61,66	600	2,70	0,00	1,175	3,9
21	15,00	15,00	70,00	620	2,90	0,00	1,176	4,0
22	20,00	35,00	45,00	1420	5,60	0,33	1,204	4,0
23	10,00	25,00	65,00	800	3,00	0,08	1,136	3,7
24	20,00	34,33	45,67	1760	3,90	0,33	1,186	4,0

El análisis de varianza de la regresión para la viscosidad resultó significativo ($p \leq 0,05$) y el coeficiente de determinación alto ($R^2 = 0,89$). La prueba de falta de ajuste resultó no significativa ($p > 0,05$), el análisis de los residuos no mostró observaciones atípicas y los residuos estandarizados siguieron la distribución normal con media cero y desviación estándar uno. Se obtuvo un buen ajuste a un modelo cúbico especial (Tabla 1).

La combinación de los componentes goma arábica-maltodextrina y goma arábica-agua resultaron significativos sobre las variaciones de la viscosidad, lo cual era de esperar, pues estos soportes inciden directamente en esta variable debido a sus características funcionales de aportar sólidos e incrementar la viscosidad. El soporte ideal debe tener buenas propiedades emulsificantes, ser un buen formador de películas, poseer baja viscosidad con altos valores de sólidos, tener baja higroscopicidad, liberar el saborizante al disolver el producto, bajo costo, no aportar aroma y sabor, estabilidad en la oferta comercial y ofrecer una adecuada protección al saborizante microencapsulado (2). La goma arábica (acacia) es el soporte tradicional usado, es un emulsificador natural excelente y califica bien en los demás criterios empleados para evaluar un soporte. La estabilidad de la emulsión es uno de los criterios más importantes en la selección del soporte (10-13).

Los componentes influyen de forma negativa en la viscosidad, pues los soportes aportan sólidos y a menor cantidad de estos la viscosidad disminuye, sin embargo, menor cantidad de agua incrementa la viscosidad.

El análisis de varianza de la regresión para la variable tamaño del glóbulo, resultó significativo ($p \leq 0,05$) y el coeficiente de determinación alto ($R^2 = 0,88$). La prueba de falta de ajuste resultó no significativa ($p > 0,05$), el análisis de los residuos no mostró observaciones atípicas y los residuos estandarizados siguen la distribución normal con media cero y desviación estándar uno. Se obtuvo un buen ajuste a un modelo cúbico especial (Tabla 1).

La combinación de los componentes goma arábica-maltodextrina, goma arábica-agua, maltodextrina-agua y goma-maltodextrina-agua, resultaron significativas a las variaciones del tamaño de glóbulo. Este comportamiento es lógico, pues los soportes que son buenos emulsificadores y formadores de películas, poseen una mejor retención que aquellos que carecen de estas pro-

iedades. La habilidad de emulsificación es importante en la retención de compuestos volátiles lipofílicos, mientras menor sea el tamaño del glóbulo, mayor será la retención de compuestos activos (2). Se ha demostrado que la retención del limoneno (muy lipofílico) fue más pronunciada en las emulsiones más finas (tamaño del glóbulo: 0,5 a 2 μm) (9), mientras que en emulsiones de aceite esencial de mandarina se han reportado valores de tamaño del glóbulo de 2,41 μm (14). En general, la literatura especializada (2) plantea que emulsiones con valores del tamaño del glóbulo de 2 a 3 μm son muy estables.

La combinación de los componentes goma arábica-maltodextrina, goma arábica-agua, maltodextrina-agua y goma-maltodextrina-agua inciden en la disminución del tamaño del glóbulo, esto es importante pues mientras menor sea este valor más estable es la emulsión.

El análisis de varianza de la regresión para la variable estabilidad resultó significativo ($p \leq 0,05$) y el coeficiente de determinación $R^2 = 0,97$. La prueba de falta de ajuste resultó no significativa ($p > 0,05$), el análisis de los residuos no mostró observaciones atípicas y los residuos estandarizados siguen la distribución normal con media cero y desviación estándar uno. Se obtuvo un buen ajuste a un modelo cúbico especial (Tabla 1).

La combinación de los componentes goma arábica-maltodextrina, goma arábica-agua, maltodextrina-agua y goma arábica-maltodextrina-agua resultaron significativos a las variaciones de la estabilidad (disminución del porcentaje de aceite separado), pues la goma arábica y la maltodextrina son los soportes que tienen las propiedades encapsulantes de la emulsión, para recubrir las gotas de aceite y hacer estable la emulsión, el agua es la fase dispersa de la emulsión con la que se mezclan los soportes.

La combinación de los componentes maltodextrina-agua y goma arábica-maltodextrina-agua inciden en la disminución de la cantidad de aceite separado, esto es importante pues mientras menor sea este valor, más estable es la emulsión, además, el conjunto de estos tres componentes son los más influyentes pues son los soportes quienes poseen la función de emulsionar el aceite y formar la emulsión.

Una vez comprobados el buen ajuste y adecuación de los tres modelos se procedió a la optimización numérica. Se minimizaron la viscosidad y el tamaño del glóbulo, mientras que se maximizó la estabilidad.

La Tabla 3 refleja las soluciones propuestas.

De acuerdo a estos resultados se seleccionó la solución No. 1. La cual presenta menor tamaño del glóbulo, la literatura especializada (2, 9, 14) plantea que emulsiones con valores de tamaño del glóbulo entre 2 a 3 μm son muy estables. El valor de la viscosidad está acorde con lo planteado en la literatura (1) para la obtención de emulsiones destinadas a refrescos.

Tabla 3. Soluciones propuestas del proceso de optimización

No.	Goma arábica (%)	Maltodextrina (%)	Agua (%)	Viscosidad (mPa·s)	D ₄₃ (μm)	Estabilidad (mL aceite separado)	Función objetivo
1	14,74	15,00	70,26	417	2,2	0,020	0,727
2	17,05	18,83	64,12	821	2,6	0,006	0,499

El porcentaje de aceite separado coincide con resultados obtenidos en trabajos anteriores (4), donde se demostró que con porcentajes de aceite separado de 0,03 mL las emulsiones se mantienen estables durante 12 meses. Se tuvo en cuenta, además, para la selección de esta solución, que al tener menor porcentaje de soportes es más económica.

CONCLUSIONES

Las causas que afectan la estabilidad de la emulsión de cola son: la baja viscosidad que viene dada por la combinación de los soportes y el alto tamaño del glóbulo de aceite, debido a una baja encapsulación de los soportes y la separación del aceite esencial en la superficie de la emulsión.

El tiempo de homogeneización y la velocidad del homogeneizador fijado fueron suficientes para lograr una emulsión estable, con un tamaño del glóbulo inferior a 2,5 μm y una separación de aceite inferior a 0,025 mL. La optimización mostró que para obtener una emulsión de cola estable, la misma debe estar constituida por 14,74 % de goma arábica; 15,00 % de maltodextrina, 57,47 % de agua, 11,93 % de fracción aromática de cola, 0,64 % de ácido cítrico y 0,22 % de benzoato de sodio. Esta emulsión mostró un tamaño de glóbulo de 2,2 μm , una viscosidad de 417 mpa·s y una separación de 0,02 mL de fracción aromática en el proceso de centrifugación, lo que indica que la emulsión obtenida posee una alta estabilidad.

REFERENCIAS

1. Tau, C. y Colmes, J. *Perf. Flav.* 13 (1) 23: 41-45, 2008.
2. Reineccius, G. *Drying Technol.* 22: 1289-1324, 2004.
3. Walstra, P. The role of proteins in the stabilisation of emulsions. En: *Gums and Stabilisers for the Food Industry*. Phillips G.O. y Williams P.A. (Eds.), IRL Press, Washington D.C., 1988, pp. 323-336.
4. García, E. Utilización del aceite de hígado de tiburón en el desarrollo de alimentos nutricionalmente mejorados. (tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias. CIBNOR. Baja California. México) 2005.
5. Soottitantawat, A.; Yoshii, H.; Furuta, T.; Ohkawara, M. y Linko, P. *J. Food Sci.* 68: 2256-2262, 2003.
6. Reineccius, G. *Source Book of Flavours*. 2nd. ed. Chapman Hall, New York, 1994.
7. Reineccius, G. *Flavor Chemistry and Technology* Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL., USA, 2006.
8. Tau, C. y Colmes J. *Perf. Flav.* 13 (1) 23: 41-45, 2008.
9. Soottitantawat, A.; Yoshii, H.; Furuta, T.; Ohkawara, M. y Linko, P. *J. Food Sci.* 68: 2256-2262, 2003.
10. Buffo, R. y Reineccius, G. *Perfum. Flavorist* 25 (4): 45-54, 2000.
11. Shiga, H.; Yoshii, H.; Nishiyama, T.; Furuta, T.; Forssele, P.; Poutanen, K. y Linko, P. *Drying Technol.* 19: 1385-1395, 2001.
12. Bertolini, A.; Siani, A. y Grosso, C. *J. Agric. Food Chem.* 49: 780-785, 2001.
13. McNamee, B.; O'Riordan, E. y O'Sullivan, M. *J. Agric. Food Chem.* 49: 3385-3388, 2001.
14. Bringas, M.; Expósito, I.; Reineccius, G.; López, O. y Pino, J.A. *Drying Technol.* 29 (5): 520-526, 2011.