

## Influencia de las concentraciones de aceite y emulsionante en las propiedades reológicas de emulsiones aceite en agua del tipo salsa fina

Por José M<sup>a</sup> Franco, Antonio Guerrero y Crispulo Gallegos

Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Sevilla.  
c/. Prof. García González, s/n, 41012, Sevilla, España.

### RESUMEN

**Influencia de las concentraciones de aceite y emulsionante en las propiedades reológicas de emulsiones aceite en agua del tipo salsa fina.**

Se ha estudiado la influencia que ejercen las concentraciones de aceite y emulsionante sobre el comportamiento viscoso y viscoelástico de emulsiones alimentarias con bajo contenido en aceite estabilizadas por una mezcla de yema de huevo y estearato de sacarosa. Se han preparado emulsiones variando la concentración de aceite entre el 40 y el 55% p/p en emulsiones con un 5% p/p en sucroéster y la concentración de sucroéster entre el 0 y el 10% p/p manteniendo un 50% p/p en aceite. Se han realizado medidas reológicas en cizalla oscilatoria dentro del intervalo de viscoelasticidad lineal, representativas de un estado imperturbado, y medidas en cizalla estacionaria, que causan una gran destrucción estructural. También se han determinado las distribuciones de tamaños de gota. Un aumento en el contenido de aceite o emulsionante produce un aumento de las funciones viscoelásticas dinámicas y de la viscosidad estacionaria. Estos resultados se explican en función de los parámetros estructurales de las emulsiones.

*PALABRAS-CLAVE: Aceite vegetal — Emulsión — Ester de sacarosa — Mayonesa — Viscoelasticidad — Viscosidad.*

### SUMMARY

**Influence of oil and emulsifier concentrations on the rheological properties of oil-in-water salad dressing food emulsions.**

The viscous and viscoelastic behaviour of food emulsions containing a mixture of egg yolk and sucrose stearate as a function of oil and sucrose stearate concentrations were studied. Oil concentrations ranged between 40-55% w/w for emulsions containing 5% w/w sucrose stearate and sucrose ester concentrations varied between 0-10% w/w for emulsions containing 50% w/w oil. Steady flow, linear oscillatory shear tests and droplet size distribution measurements were carried out. An increase in oil or emulsifier concentration produced an increase in both the steady-state viscosity and in the viscoelastic functions. The results have been explained on the basis of the relationship between the structural parameters and the rheology of the emulsions studied.

*KEY-WORDS: Emulsion — Mayonnaise — Sucrose ester — Vegetable oil — Viscoelasticity — Viscosity.*

## 1. INTRODUCCION

Las emulsiones alimentarias aceite en agua (o/w), tales como la mayonesa o salsas para ensalada, son sistemas multicomponentes complejos, inestables desde un punto de vista termodinámico, en el que una fase oleosa se

encuentra dispersa en una fase continua acuosa (Rahalkar, 1992). La estabilidad de estos sistemas se favorece incluyendo un emulsionante en la formulación que reduce la tensión interfacial (Dickinson, 1989). Asimismo, el estudio de emulsiones alimentarias de bajo contenido en aceite presenta un gran interés debido a la tendencia actual a consumir salsas bajas en calorías. El emulsionante más ampliamente utilizado en estos tipos de salsas alimentarias es la yema de huevo (Rao, 1992). El empleo de otro emulsionante que sustituya total o parcialmente a la yema de huevo es un medio de reducir el contenido en colesterol de la emulsión. Además, el empleo de un emulsionante de bajo peso molecular puede permitir la manufactura de emulsiones de bajo contenido en aceite sin el uso de estabilizantes (hidrocoloideos), puesto que en este tipo de emulsiones, donde las interacciones entre partículas son relativamente débiles, es decisivo el empleo de sustancias que aumenten dichas interacciones. La utilización de emulsionantes como los ésteres de sacarosa, obtenidos a partir de azúcares y aceites vegetales, presenta como ventaja adicional la valoración de productos derivados de excedentes agrícolas (Gallegos y Berjano, 1991).

Las propiedades reológicas de una emulsión son de suma importancia en aspectos tales como la aceptación del producto por el consumidor (Harrison y Cunningham, 1985), el diseño del equipo (cálculo de tuberías, equipo de bombeo, agitación), y la optimación de las variables de procesado (Franco et al., 1994a). Las propiedades reológicas están íntimamente relacionadas con ciertos parámetros estructurales de la emulsión, tales como el tamaño de gota y la polidispersidad (Rahalkar, 1992; Carrillo y Kokini, 1988).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el objetivo de este trabajo ha sido el estudiar la influencia que ejercen las concentraciones de aceite y de un emulsionante de bajo peso molecular, estearato de sacarosa, en el comportamiento viscoso y viscoelástico de emulsiones que contienen además yema de huevo como emulsionante.

## 2. PARTE EXPERIMENTAL

Se han preparado salsas alimentarias de composición similar a las actualmente comercializadas como salsas

finas. Como sucroéster se ha empleado un estearato de sacarosa de alto balance hidrófilo-lipófilo, HLB= 15 (Mitsubishi Food Corporation, Japón). Las composiciones detalladas de las emulsiones estudiadas se reflejan en la Tabla I.

Las emulsiones han sido preparadas en un homogeneizador "Ultra Turrax" (Ika, Alemania) a una velocidad de agitación de 8000 rpm durante 5 minutos. Inicialmente se disolvió azúcar, sal y estearato de sacarosa en las cantidades prefijadas. Esta disolución se calentó a unos 55°C durante 24 horas, para asegurar que el sucroéster se disolvía completamente. A continuación, sin dejar enfriar la disolución, se añadió el vinagre y la yema de huevo. La mezcla se emulsionó añadiendo el aceite lentamente. La emulsión resultante se conservó en nevera a 5°C.

Las medidas de cizalla oscilatoria se han realizado en un reómetro Bohlin CS-50 (Alemania), utilizando un sistema sensor cono-placa (4°, 40 mm).

Las medidas de flujo estacionario se ha efectuado en un reómetro rotatorio Rotovisco RV20/CV100 de Haake (Alemania), utilizando un sistema sensor tipo Mooney-Ewart, modelo ME-16 ( $R_0/R_1 = 1,037$ ). Las curvas de flujo se obtuvieron en un intervalo de velocidades de cizalla comprendido entre 0,5 y 300  $s^{-1}$ . Todas las muestras se precizallaron durante 10 minutos a 300  $s^{-1}$ .

El análisis de distribución de tamaños de gota se ha llevado a cabo en un equipo Counter-Coulter (Coulter Electronics Ltd., Reino Unido), modelo Z<sub>B</sub>, con un tubo de apertura de 100 micras, abarcando diámetros de gota entre 1,5 y 30 micras.

Todas las medidas se efectuaron seis días después de la preparación de cada emulsión, a una temperatura de 25°C. Se han obtenido al menos dos replicados de cada ensayo, realizándose un análisis de la varianza (ANOVA) para establecer la influencia de diferentes parámetros. El nivel de significación se ha fijado en el 95%.

Tabla I  
Composición de las emulsiones estudiadas

Ingredientes	Composición (%p/p)					
Aceite de girasol	45	50	50	50	50	55
Agua	35,6	32,6	30,6	28,6	25,6	25,6
Yema de huevo	6	6	6	6	6	6
Estearato de sacarosa	5	3	5	7	10	5
Vinagre	4	4	4	4	4	4
Azúcar	4	4	4	4	4	4
Sal	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Estabilidad.

Se ha estudiado la estabilidad de las emulsiones almacenadas a 5°C. Como criterio de inestabilidad se ha tomado la separación de una fase acuosa en la parte inferior debido a un proceso de cremado. En las Tablas II y III se presentan las estabildades en días de las emul-

siones estudiadas. Como se puede apreciar un aumento en la concentración de aceite o sucroéster aumenta la estabilidad de la emulsión. Así, los sistemas más concentrados en aceite (55% p/p) o en emulsionante (7 y 10% p/p) presentan una estabilidad igual o superior a los 55 días. Por el contrario, los sistemas menos concentrados en aceite (40% p/p) o en sucroéster (0 y 1% p/p) presentan una clara separación de fases ya al día siguiente de su preparación.

Tabla II  
Estabilidad de emulsiones que contienen un 5% de sucroéster en función de la concentración de aceite

% aceite (p/p)	estabilidad (días)
40	< 1
45	30
50	35
55	55

Tabla III  
Estabilidad de emulsiones que contienen un 50% de aceite en función de la concentración de sucroéster

% sucroéster (p/p)	estabilidad (días)
0	<1
1	<1
3	16
5	30
7	> 120
10	> 120

### 3.2. Tamaño de gota.

Las Figuras 1 y 2 muestran las curvas de distribución de tamaños de gota expresadas en forma de frecuencia acumulativa de gotas con un diámetro inferior a uno dado, "d". Se ha empleado una ecuación del tipo sigmoideal (Partal et al., 1994) para ajustar los datos experimentales:

$$f_c = \frac{1}{1 + (d_{1/2}/d)^b} \quad (1)$$

donde  $f_c$  es la frecuencia acumulativa,  $d_{1/2}$  es la mediana del diámetro de gota estimado a partir de la ecuación (1) y "b" es un parámetro que varía de forma inversa a la dispersión de tamaños.

Los valores de los parámetros de la ecuación (1) se presentan en las Tablas IV y V en función de las concentra-

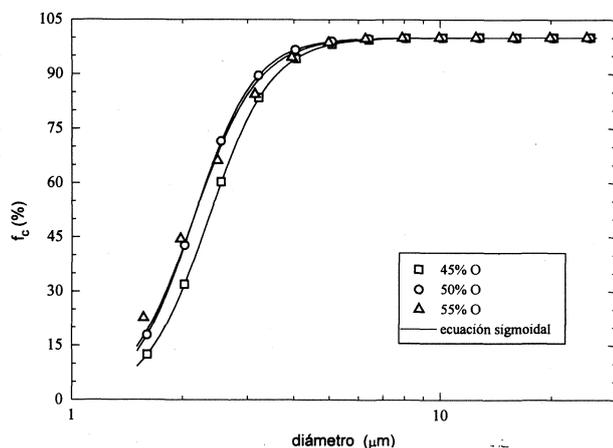


Figura 1

Frecuencia acumulativa de tamaños de gota en función del diámetro para emulsiones con un 5% p/p en sucroéster y distinto contenido en aceite

persión de tamaños (mayores valores de "b") que el sistema con un 45% p/p. Un incremento en la concentración de sucroéster del 3 al 5% produce el mismo efecto. En cambio, los sistemas con un 7 y 10% p/p poseen distribuciones más amplias de tamaños de gota y el valor de  $d_{1/2}$  para el sistema más concentrado en sucroéster es del mismo orden que el del sistema con un 3% p/p.

### 3.3. Viscoelasticidad lineal.

En las Figuras 3 y 4 se representan barridos del esfuerzo en cizalla oscilatoria para emulsiones con distinta composición. Como puede observarse el intervalo de viscoelasticidad lineal aumenta tanto con la concentración de aceite como con la de emulsionante.

En la Figura 5 se representan los valores de los módulos de almacenamiento y pérdidas ( $G'$  y  $G''$ ) frente a la frecuencia de oscilación para emulsiones con distinto con-

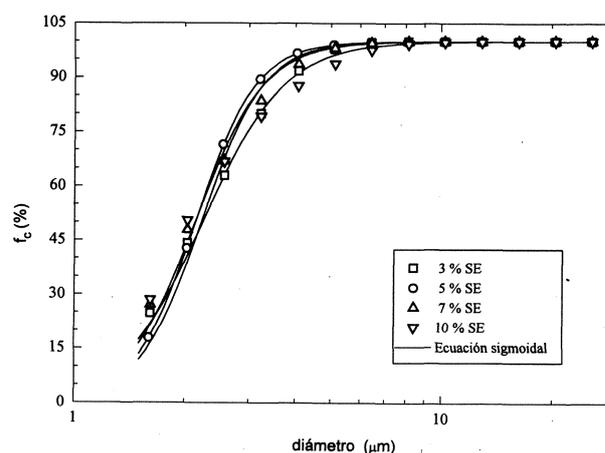


Figura 2

Frecuencia acumulativa de tamaños de gota en función del diámetro para emulsiones con un 50% p/p en aceite y distinta concentración de sucroéster

Tabla IV

Parámetros de ajuste de la ecuación (1) en función de la concentración de aceite para emulsiones que contienen un 5% de sucroéster

% aceite (p/p)	Parámetros de ajuste		
	$d_{1/2}$ ( $\mu\text{m}$ )	b	r
45	2,34	5,12	0,992
50	2,13	5,29	0,996
55	2,13	5,30	0,998

ciones de aceite y emulsionante respectivamente. Los sistemas con mayor concentración de aceite (50 y 55% p/p) poseen un menor tamaño de gota ( $d_{1/2}$ ) y una menor dis-

Tabla V

Parámetros de ajuste de la ecuación (1) en función de la concentración de sucroéster para emulsiones con un 50% de aceite

% SE (p/p)	Parámetros de ajuste		
	$d_{1/2}$ ( $\mu\text{m}$ )	b	r
3	2,21	5,16	0,992
5	2,13	5,29	0,996
7	2,13	4,67	0,998
10	2,23	3,92	0,995

tenido en aceite. Puede apreciarse como un aumento de la concentración de aceite produce un aumento de ambas funciones viscoelásticas.

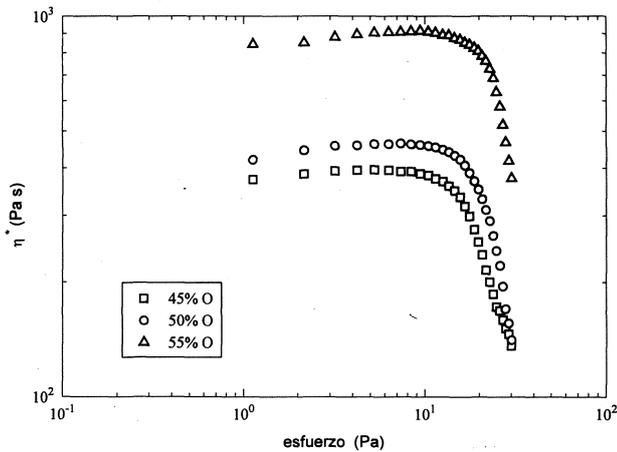


Figura 3

Rango de viscoelasticidad lineal para emulsiones con distinto contenido en aceite (5% p/p SE)

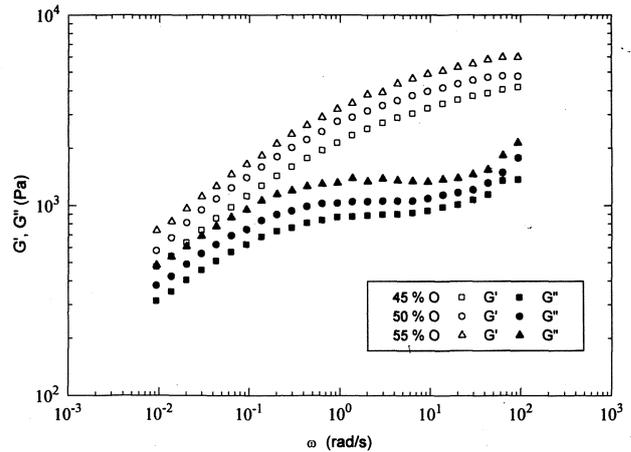


Figura 5

Valores de  $G'$  y  $G''$  para emulsiones con distinto contenido en aceite (5% p/p SE)

En todos los casos se observa una variación similar de  $G'$  y  $G''$  con la frecuencia, destacándose una zona de pendiente prácticamente cero en  $G''$ . Este hecho hace posible la aplicación de un método empírico de superposición de curvas mediante la obtención de un factor de traslación en

en esta ocasión dos factores de superposición,  $a_x$  y  $a_y$ . Una variación en la forma de ambas funciones, sobre todo la práctica desaparición de una zona constante en  $G''$ , impide incluir el sistema menos concentrado en la curva maestra de superposición.

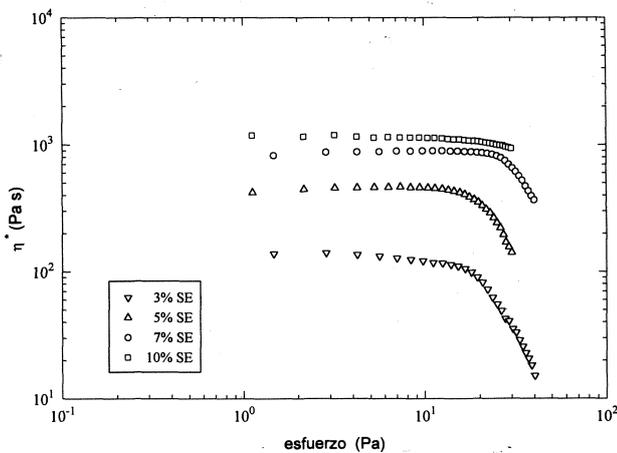


Figura 4

Rango de viscoelasticidad lineal para emulsiones con distinta concentración de sucroéster (5% p/p O)

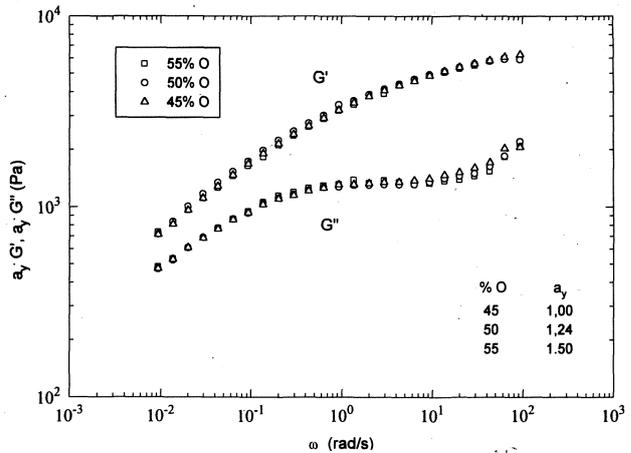


Figura 6

Curva maestra de superposición obtenida con distintas concentraciones de aceite

el eje de ordenadas,  $a_y$ . En la Figura 6 se puede apreciar la calidad de la superposición así como los valores encontrados de  $a_y$ , aunque puede observarse la aparición de una zona constante en  $G''$  más importante a medida que aumenta la concentración de aceite.

La Figura 7 muestra los valores de  $G'$  y  $G''$  para distintas concentraciones de emulsionante. Una mayor concentración de sucroéster produce un aumento de ambos módulos, aunque el incremento es cada vez menor conforme aumenta la concentración. En este caso, puede aplicarse el método de superposición de curvas a partir de una concentración de sucroéster del 5% (Figura 8), necesiándose

### 3.4. Flujo viscoso.

El comportamiento de flujo de todos los sistemas estudiados es de nuevo cualitativamente similar. La variación de la viscosidad con la velocidad de cizalla muestra el comportamiento clásico de un fluido estructurado, con tres zonas diferenciadas. A bajas velocidades de cizalla se observa una tendencia clara a una viscosidad constante,  $\eta_0$ . Posteriormente, se produce una caída de viscosidad ajustable a una ley potencial y por último, puede observarse una tendencia hacia una viscosidad límite a altas velocidades de cizalla,  $\eta_\infty$ . El modelo de Carreau (Barnes et al., 1989) describe satisfactoriamente la variación des-

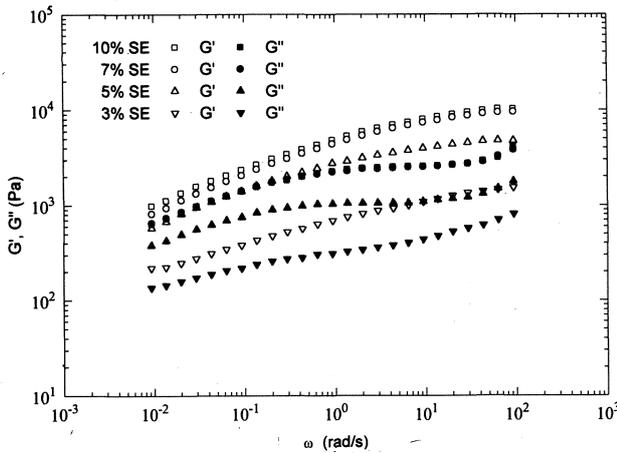


Figura 7  
Valores de G' y G'' para emulsiones con distinta concentración de sucroéster (50% p/p O)

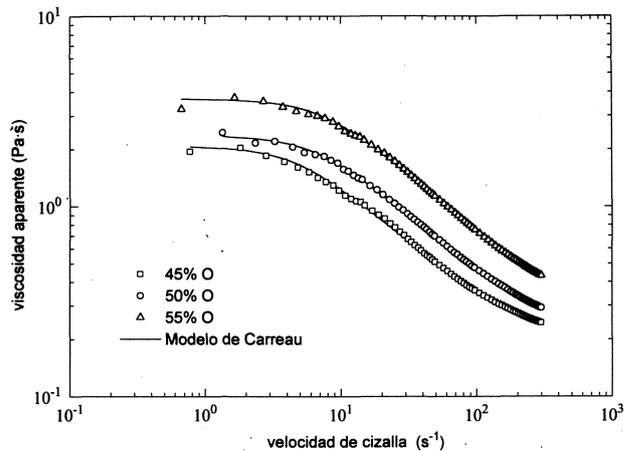


Figura 9  
Curvas de flujo de emulsiones con un 5% p/p de sucroéster y distinto contenido en aceite

crita:

$$\frac{\eta - \eta_{\infty}}{\eta_0 - \eta_{\infty}} = \frac{1}{[1 + (\gamma/\gamma_c)^2]^s} \quad (2)$$

donde  $\gamma_c$  es la velocidad de cizalla crítica a la que comienza la caída de viscosidad y "s" es un parámetro relacionado con la pendiente de la región intermedia.

En la Figura 9 se presentan las curvas de flujo de emulsiones con distinto contenido en aceite donde se observan las tres zonas descritas anteriormente, así como el ajuste satisfactorio de los datos experimentales al modelo de Carreau. En la Tabla VI se presentan los valores de los parámetros del modelo obtenidos del ajuste. Como puede apreciarse, un aumento de la concentración de aceite conduce a valores significativamente más altos de los parámetros  $\eta_0$  ( $p < 0,0001$ ) y  $\gamma_c$  ( $p = 0,0082$ ). La variación de los parámetros "s" y  $\eta_{\infty}$ , carece de significación estadística.

En la Figura 10 se representan los valores de viscosidad

frente a la velocidad de cizalla para emulsiones con distinta concentración de sucroéster. Los valores de los parámetros del modelo de Carreau obtenidos del ajuste se muestran en la Tabla VII. Una mayor concentración produce un aumento significativo de viscosidad límite,  $\eta_0$  ( $p = 0,0001$ ). No obstante, los parámetros  $\gamma_c$  y "s" presentan una variación peculiar, puesto que se observa primero un descenso en sus valores y un posterior aumento con la concentración.

#### 4. DISCUSION

Los resultados obtenidos muestran que tanto el contenido en aceite como la concentración de emulsionante empleado influyen significativamente sobre el tamaño ( $p = 0,0004$ ) y distribución de tamaños de gota de fase dispersa ( $p = 0,0003$ ). Esta influencia resulta en una modificación de las funciones reológicas (viscosas y viscoelásticas) estudiadas.

Como puede observarse, un aumento en la concen-

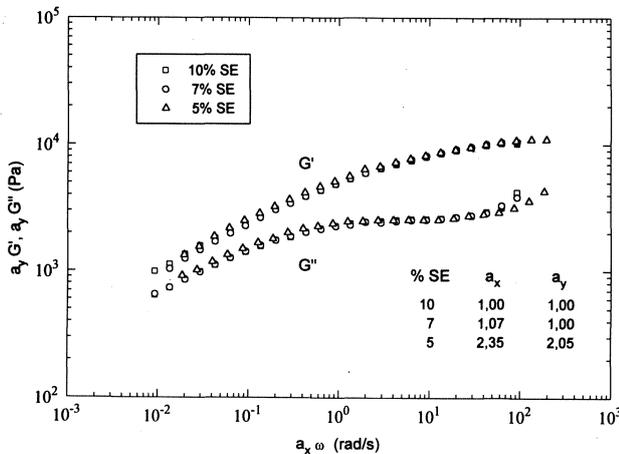


Figura 8  
Curva maestra de superposición obtenida con distintas concentraciones de emulsionante

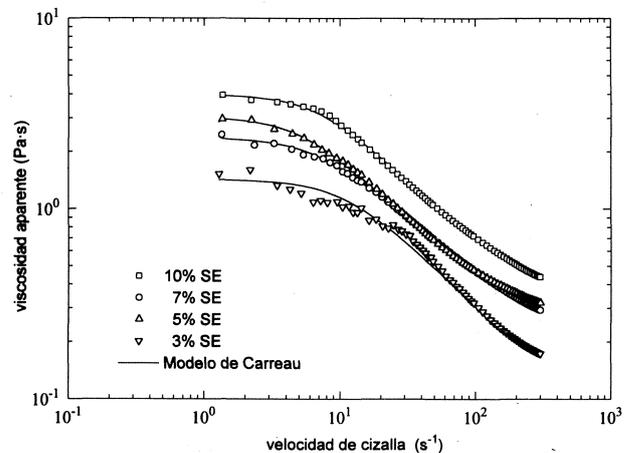


Figura 10  
Curvas de flujo de emulsiones con un 50% p/p en aceite y distinta concentración de emulsionante

Tabla VI  
Parámetros de ajuste de la ecuación (2) en función de la concentración de aceite para emulsiones que contienen un 5% de sucroéster

% aceite (p/p)	Parámetros de ajuste				
	$\eta_0$ (Pa s)	$\dot{\gamma}_c$ (s <sup>-1</sup> )	s	$\eta_\infty$ (Pa s)	r
45	3,67	7,80	0,35	0,15	0,999
50	2,36	7,00	0,36	0,14	0,999
55	2,08	5,00	0,36	0,14	0,999

Tabla VII  
Parámetros de ajuste de la ecuación (2) en función de la concentración de sucroéster para emulsiones que contienen un 50% de aceite

% SE (p/p)	Parámetros de ajuste				
	$\eta_0$ (Pa s)	$\dot{\gamma}_c$ (s <sup>-1</sup> )	s	$\eta_\infty$ (Pa s)	r
3	1,42	11,80	0,38	0,06	0,996
5	2,36	7,00	0,36	0,14	0,999
7	3,04	5,50	0,40	0,20	0,999
10	3,28	7,50	0,41	0,25	0,999

tración de aceite del 45 al 50% p/p conduce a una disminución del tamaño de gota y la polidispersidad, sin embargo en los sistemas con un 50 y 55% p/p no hay diferencias en los parámetros de la ecuación (1). El efecto inicial podría explicarse en base a una mayor difusión de moléculas de proteínas, solubilizadas en la fase continua hacia la interfase, al aumentar la concentración de aceite, lo que facilita la creación de superficie interfacial. Un aumento inicial en la concentración de sucroéster produce el mismo efecto sobre dichos parámetros, en cambio los sistemas más concentrados poseen tamaños y/o distribuciones de tamaños de gota más amplias. Este efecto debe relacionarse con la aparición de una fase líquido-cristalina laminar (Calahorra et al., 1992) muy viscosa en la solución de partida que dificulta el proceso de homogeneización durante el procesado de la emulsión.

Todas la emulsiones estudiadas presentan propiedades viscoelásticas similares a las encontradas en mayonesas comerciales (Gallegos et al., 1992), con una componente elástica muy superior a la viscosa. Un aumento del contenido en aceite produce un incremento en las funciones viscoelásticas, aunque la variación de  $G'$  y  $G''$  con la frecuencia no varía por ello, como se deduce de la posibilidad de superposición. La aparición de un mínimo o una zona constante en  $G''$  ha sido relacionado en reología de polímeros con la existencia de entrelazamientos entre las cadenas poliméricas (Ferry, 1980; Da Rosa y Winter, 1994). Análogamente, en el caso de emulsiones se puede

asociar con la existencia de entrelazamientos entre gotas, lo que conduce a una floculación extensiva. Así, una variación del contenido en aceite no parece afectar la formación de este entramado tridimensional, aunque en la Figura 6 puede apreciarse como la zona constante en  $G''$  posee una pendiente positiva ligeramente superior conforme disminuye el porcentaje en aceite, lo que podría asociarse con un menor número de entrelazamientos entre las gotas de aceite. En este sentido debe explicarse el aumento de la zona de viscoelasticidad lineal con la concentración de aceite, asociado a una mayor resistencia de la estructura formada, debido a un aumento en las interacciones entre partículas de la fase dispersa.

Cuando se estudia la influencia de la concentración de sucroéster se encuentra un comportamiento más complejo. De hecho se necesitan dos factores de superposición para conseguir una curva maestra, debido a que hay un desplazamiento de la zona en la que  $G''$  permanece constante. Más importante es la desaparición de esta zona en el sistema con un 3% en sucroéster, lo que implicaría un descenso muy significativo de los entrelazamientos entre partículas y, por consiguiente, una menor resistencia de esta emulsión a la aplicación de un esfuerzo de cizalla en ensayos dinámicos que se refleja en una menor extensión del rango lineal (Figura 4). Este hecho indica además una rápida desestabilización de este sistema debido a un proceso de cremado.

El aumento cada vez menor de las funciones dinámicas

con la concentración de emulsionante debe explicarse en base a una saturación de la interfase por éste (Partal et al., 1994). Además, este hecho se acentúa por una disminución de la superficie específica a partir de una concentración aproximada del 5%, según indican los resultados experimentales (mayor tamaño medio). Dada la baja solubilidad del sucroéster en agua, éste tiende a situarse preferentemente en la interfase aceite/agua, provocando probablemente un desplazamiento de las proteínas hacia el medio continuo (Brock, 1987). Las proteínas del medio continuo pueden favorecer los entrelazamientos entre flóculos creando una estructura más resistente, con un aumento en la extensión del rango de viscoelasticidad lineal (Figura 4). Este tipo de entrelazamientos que involucran a las cadenas poliméricas no adsorbidas han sido propuestos previamente en otro tipo de dispersiones (Aranguren et al., 1992).

Las curvas de flujo obtenidas en estado estacionario son el resultado de una gran destrucción estructural por la aplicación de una cizalla enérgica (Franco et al., 1994b). Esto puede comprobarse en las Figuras 3 y 4 donde se aprecia la gran caída de viscosidad que presentan algunos sistemas al salirse del rango de viscoelasticidad lineal. Esta destrucción estructural conlleva una componente irreversible, debido a la coalescencia entre gotas, y otra reversible, relacionado con el proceso de floculación/defloculación.

La variación de la viscosidad con la velocidad de deformación en las curvas de flujo es el resultado del proceso de refloculación tras la cizalla. Un valor alto de  $\eta_0$  está relacionado con un menor tamaño y una mejor distribución de tamaños de gota, un aumento de  $\gamma_c$  implica una mayor resistencia del entramado de gotas refloculadas, y un aumento de "s" una mayor velocidad de destrucción de dichos entramados.

Un aumento de la viscosidad estacionaria con el contenido en aceite debe relacionarse con el doble efecto que puede tener sobre los parámetros estructurales, a) un descenso en el tamaño medio y una mejora de la distribución de tamaños de gota, o b) un aumento de las interacciones entre partículas. Además, dicho aumento favorecería la reformación de estructuras tridimensionales progresivamente más resistentes a la cizalla, lo que explicaría el aumento de  $\gamma_c$  con el porcentaje en aceite (Franco et al., 1994b).

El posible desplazamiento de las proteínas de la interfase provocado por el incremento en la concentración de sucroéster debe modificar la estructura y aumentar la viscosidad del medio continuo (Cheftel et al., 1989). Este hecho, junto con el aumento de concentración de fase dispersa que implica una mayor concentración de emulsionante, repercute en un aumento de viscosidad del sistema cizallado. Sin embargo, la estructura inducida por un exceso de emulsionante posee una cinética de floculación/defloculación distinta, con valores de "s" superiores para los sistemas más concentrados.

## 5. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos puede concluirse que un aumento de la concentración de aceite y sucroéster da lugar a un incremento en la estabilidad de las emulsiones,

acompañado de un aumento de las funciones viscosas y viscoelásticas lineales. Este incremento en estabilidad y en los valores de dichas funciones no puede explicarse sólo en función del tamaño y polidispersidad de las gotas de aceite, sino que hay que tener en cuenta el aumento de las interacciones entre partículas que tiene lugar cuando se incrementan las concentraciones de aceite o sucroéster.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación subvencionado por el CICYT (proyecto ALI 90-0503) y por la Junta de Andalucía (Convenio de Cooperación Industrial). Los autores agradecen la concesión de estas ayudas.

## BIBLIOGRAFIA

- Aranguren, M.I., Mora, E., DeGroot, J.V. y Macosko, C.V. (1992).- "Effect of reinforcing fillers on the rheology of polymer melts".- *J. Rheol.* **36**, 1165-1182.
- Barnes, H.A., Hutton, J.F. y Walters, K. (1989).- "An Introduction to Rheology. Rheology Series, 3".- Elsevier, Amsterdam pp. 18.
- Brock, C.J. (1987).- "A model system for studying protein functionality in emulsions" en "Food Emulsions and Foams".- Dickinson, E. (ed.), Royal Society of Chemistry, London, p. 277.
- Calahorra, C., Muñoz, J., Berjano, M., Guerrero, A. y Gallegos, C. (1992).- "Flow behavior of sucrose stearate/water systems".- *J. Am. Oil Chem. Soc.* **69**, 660-666.
- Carrillo, A.R. y Kokini, J.L. (1988).- "Effect of egg yolk and egg yolk + salt on rheological properties and particle size distribution of model oil-in-water salad dressing emulsions".- *J. Food Sci.* **53**, 1352-1355.
- Cheftel, J.C., Cuq, J.L. y Lorient, D. (1989).- "Proteínas Alimentarias".- Acribia, Zaragoza.
- Da Rosa, M.E. y Winter, H.H. (1994).- "The effect of entanglements on the rheological behavior of polybutadiene critical gels".- *Rheol. Acta* **33**, 221-237.
- Dickinson, E. (1989).- "Food colloids - An overview".- *Colloids Surf.* **42**, 191-204.
- Ferry, J.D. (1980).- "Viscoelastic Properties of Polymers".- John Wiley (ed.) New York.
- Franco, J.M., Algeciras, J.L., Trujillo, J.E., Flores, V. y Gallegos, C. (1994a).- "Influencia del procesado en la estabilidad de emulsiones alimentarias aceite en agua de bajo contenido en aceite".- *Alimentación, Equipos y Tecnología* **13** (3), 61-66.
- Franco, J.M., Berjano, M., Guerrero, A., Muñoz, J. y Gallegos, C. (1994b).- "Flow behaviour and stability of light mayonnaise containing a mixture of egg yolk and sucrose stearate as emulsifiers".- *Food Hydrocolloids* (Aceptado).
- Gallegos, C. y Berjano, M. (1991).- "Ésteres de sacarosa: obtención, propiedades y aplicaciones en la industria alimentaria".- *Alimentación, Equipos y Tecnología* **10** (3), 153-159.
- Gallegos, C., Berjano, M. y Choplin, L. (1992).- "Linear viscoelastic behavior of commercial and model mayonnaise".- *J. Rheol.* **36**, 465-478.
- Harrinson, L. y Cunningham, F. (1985).- "Factors influencing the quality of mayonnaise: a review".- *J. Food Quality* **8**, 1-20.
- Partal, P., Guerrero, A., Berjano, M., Muñoz, J. y Gallegos, C. (1994).- "Flow behaviour and stability of oil-in-water emulsions stabilized by a sucrose palmitate".- *J. Texture Studies* **25**, 331-348.
- Rahalkar, R.R. (1992).- "Viscoelastic properties of oil-water emulsions" en "Viscoelastic Properties of Food".- Rao, M.A. y Steffe, J.F. (eds), Elsevier, Londres, pág. 317-354.
- Rao, M.A. (1992).- "Viscoelastic properties of mayonnaises and salad dressings" en "Viscoelastic Properties of Food".- Rao, M.A. y Steffe, J.F. (eds), Elsevier, Londres, pág. 355-370.

Recibido: Noviembre 1994

Aceptado: Marzo 1995