

Emulsiones tipo crema preparadas a base de leche de soja 1: Estudios de estabilidad y determinación de las formulaciones

Por **Andrés L. Márquez, Gonzalo G. Palazolo y Jorge R. Wagner ***

Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA),
Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 s/n y 116 (1900)
La Plata, Buenos Aires, Argentina. Tel-Fax: 54-221-4254853.

*E-mail: jr.wagner@biol.unlp.edu.ar

RESUMEN

Emulsiones tipo crema preparadas a base de leche de soja 1: Estudios de estabilidad y determinación de las formulaciones.

Se evaluó la obtención de cremas líquidas estables compuestas por leche de soja en polvo, aceite de girasol refinado y grasa láctea. Por medidas de estabilidad (QuickScan) de emulsiones O/W con 5% y 10% de leche de soja, diferente cantidad y composición de fase lipídica y ausencia o presencia de goma xántica, se determinaron las formulaciones más estables. En las emulsiones inestables, el proceso predominante de desestabilización fue la separación gravitacional. Las emulsiones más estables fueron las preparadas con goma xántica, 10% de leche de soja y mayor contenido de fase lipídica. El aumento de la estabilidad en las emulsiones con mayor contenido de aceite no se atribuyó al tamaño de gota sino a un aumento de la viscosidad. La variación del contenido de grasa láctea (a igual concentración de leche de soja y proporción de fase lipídica) influyó levemente en el tamaño de gota pero no en su distribución ni en la estabilidad. De las emulsiones preparadas, sólo aquellas con un alto porcentaje de fase lipídica (40-50%) conteniendo 30-50% de grasa láctea, aumentaron su consistencia por batido en forma marcada.

PALABRAS-CLAVE: Cremas - Emulsiones - Estabilidad - Formulación - Leche de soja - Separación gravitacional.

SUMMARY

Cream-like emulsions prepared with soy milk 1: Stability studies and formulation.

The objective of the present work was to obtain stable emulsions prepared with soy milk, refined sunflower oil and milk fat. By QuickScan measures, emulsions formulated with soy milk (5 and 10%), variable proportion and composition of lipid phase and absence or presence of xanthan gum, more stable formulations were determined. Creaming was the main mechanism of destabilization of the emulsions. Those formulated with more concentrated soy milk, greater content of lipid phase and presence of xanthan gum were more stable. The stability increase of emulsions with a higher content of oil was attributed to the increase of viscosity instead of the droplet size. The content of milk fat in lipid phase had a low influence on droplet size but didn't show changes in droplet distribution and emulsion stability. Consistency increase due to stirring was favored in emulsions of 40-50% of lipid phase (30-50% of milk fat).

KEY-WORDS: Creaming - Creams - Emulsions - Formulation - Soy milk - Stability.

1. INTRODUCCIÓN

Las cremas son emulsiones tipo aceite en agua (o/w) cuya fase lipídica está distribuida en pequeñas gotas rodeadas por una película, a través de la cual limitan con la fase acuosa. Las emulsiones son termodinámicamente inestables y en la interfase se encuentra uno o varios agentes emulsionantes que las mantiene estables desde el punto de vista cinético mediante dos mecanismos: disminución de la tensión interfacial y otorgamiento de rigidez a la película que rodea las gotas (Florence y Rieg, 1983; Lucasen-Reynders, 1993; McClements, 1999; Taupin, 1983). En la nata (denominada «crema de leche» en Argentina), esa función es principalmente cumplida por las caseínas y las proteínas del lactosuero (Buchheim y Dejneke, 1997). Una de las características reológicas más sobresalientes de este tipo de emulsiones es que son capaces de aumentar su consistencia al aplicarse un esfuerzo mecánico (batido o agitación), propiedad atribuida a la presencia de cristales de grasa en la fase lipídica (Vanapalli y Coupland, 2001).

Argentina es uno de los principales productores mundiales de soja. Por lo tanto, en la actualidad, son cada vez más numerosos los productos alimenticios que la incluyen en su formulación, tal es el caso de la leche de soja. Las excelentes propiedades superficiales de algunos componentes de este producto, como son las proteínas y fosfolípidos han sido reportadas en distintos trabajos (Puppo y col., 2003; Rydhag y Wilton, 1981; Wagner y Guéguen, 1999). Sin embargo son pocos los estudios que incluyen la elaboración de emulsiones tipo crema a partir de leche de soja.

El objetivo de este trabajo fue obtener cremas líquidas compuestas por leche de soja reconstituida, aceite de girasol y grasa láctea. Se ensayaron distintas formas de preparación y formulación a fin de lograr emulsiones estables frente a la separación gravitacional y a la coalescencia durante el almacenamiento. Para ello se evaluó la influencia de la concentración de leche de soja y la proporción y

composición de fase lipídica sobre la estabilidad de las distintas formulaciones. Las cremas diseñadas servirán para estudios posteriores que incluyen efectos de aplicación de trabajo mecánico y de ciclos de temperatura sobre su microestructura y comportamiento reológico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

La leche de soja en polvo (LS) procede de Refinerías de Maíz S.A.I.C.F. (Unilever Bestfoods Argentina) y el aceite de girasol refinado de Molinos Río de la Plata S.A. (Avellaneda, Argentina). La composición media (p/p) de la LS fue la siguiente: proteínas, 34%; lípidos, 21%; hidratos de carbono totales, 32%; cenizas, 8%; y humedad, 3%. La fracción de alto punto de fusión de grasa láctea (GL, temperatura de fusión: 47-48°C) provino de la Universidad de Wisconsin (USA). La composición en triacilglicérols del aceite de girasol refinado y de la GL fue informada en un trabajo anterior (Cerdeira y col., 2003). Todos los demás reactivos fueron de calidad analítica.

2.2. Preparación de las emulsiones

La LS fue reconstituida con agua destilada por agitación magnética a concentraciones de 5% y 10% p/p, con y sin el agregado de goma xántica (0.2% p/p) y azida sódica (0.03%P/V) como preservante. Por lo tanto, se prepararon cuatro leches de soja reconstituidas (LSR): con 5% y 10% de producto seco (LS5 y LS10); con 5% y 10% de producto seco más la adición de goma xántica (LS5X y LS10X).

Se prepararon emulsiones con las LSR, aceite de girasol refinado con o sin agregado de GL, empleando un homogeneizador Ultraturax T-25 (25°C, 20000 r.p.m, 1 min, rotor S18N-10G, IKA Labortechnik, Karlsruhe, Alemania). La proporción de aceite agregado fue 10, 20, 30, 40 y 50% v/v y el volumen total de las emulsiones resultantes fue de 150 ml. En las emulsiones con adición de GL la homogeneización se llevó a cabo a 60°C con las LSR y las mezclas aceite-GL previamente calentadas a dicha temperatura para asegurar que la fase lipídica (FL) esté líquida. El % FL en estas emulsiones fue de 20, 40 y 50% v/v y la proporción de GL en la FL fue de 10, 20, 30, 40 y 50% p/p. En todas las emulsiones preparadas, % FL se refiere a la cantidad de aceite y GL agregada sin considerar los lípidos presentes en la LSR. A 60°C, la densidad del aceite fue 0.897 g/ml y la del aceite-GL (50:50) fue 0.893 g/ml, determinadas por picnometría. Inmediatamente después de su preparación las emulsiones fueron enfriadas y almacenadas a 4°C.

2.3. Estudios de estabilidad global de las emulsiones

La estabilidad global de las diferentes emulsiones se determinó por medidas de dispersión de luz en un analizador óptico vertical QuickScan (Beckman Coulter, Fullerton, USA). Este equipo permite hacer un barrido de la emulsión a lo largo del tubo de medida en diferentes instantes, obteniéndose una serie de perfiles del % de backscattering (% BS) en función del tiempo (Pan y col., 2002). A partir de los perfiles correspondientes, se obtuvieron los valores promedio de % BS en la zona 10-20 mm (% BS₁₀₋₂₀). Dicha zona corresponde a la parte inferior del tubo de medida que contiene la muestra.

Para estudiar la estabilidad de las emulsiones frente a la separación gravitacional se definió el parámetro $t_{0.1}$, tiempo en el cual el % BS₁₀₋₂₀ disminuye el 10% de su valor inicial (% BS_{in 10-20}), y la correspondiente constante ($K_{0.1}$) como $(BS_{in 10-20} * t_{0.1})^{-1}$. Con el objetivo de realizar un estudio comparativo, las muestras en las que en el lapso de 7 días % BS₁₀₋₂₀ no disminuyó hasta el valor descrito se consideraron no desestabilizadas, aunque no se puede asegurar que $K_{0.1} = 0$.

2.4. Determinación de la viscosidad aparente

Se determinó en un viscosímetro Haake (Roto-visco RV2, rotor NV, Karlsruhe, Alemania) sobre 10 ml de emulsión a 15°C. El gradiente de velocidad (D) se aumentó desde 0 a 86.5 s⁻¹ en un lapso de 30 s. (aceleración constante). La viscosidad aparente (η_{ap} , en cP) se calculó como $\eta_{ap} = G.S/n$, donde G es un factor del instrumento, S es el grado de la escala registrado a 86.5 s⁻¹ la adquisición de los datos y n es la velocidad del rotor en min⁻¹, siendo $n = D/M$ y M (factor de cizalla) = 5,41 min.s⁻¹.

2.5. Distribución de tamaño de partícula

La distribución de los tamaños de partícula de las emulsiones se realizó utilizando un analizador de partículas (Malvern Mastersizer 2S, Malvern Instruments Ltd., Reino Unido). Las distribuciones fueron expresadas como volumen diferencial en un rango de diámetros de 0,03 a 300 μm. El diámetro promedio de Sauter (d_{32}), que es una medida del área creada durante el proceso de homogeneización (Walstra, 1983) se obtuvo a partir de la distribución en volumen, definiéndose como:

$$d_{32} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{\sum_{i=1}^n \frac{V_i}{d_i}}$$

donde V_i es el volumen de aceite contenido en partículas de diámetro d_i . Para evaluar la presencia de flóculos en las emulsiones, las correspondientes determinaciones se llevaron a cabo diluyendo previamente (1:1) una alícuota de las mismas con buffer Tris/HCl 50 mM pH 8,0 con 1% SDS (Anton y col., 2002). Las medidas se llevaron a cabo al menos por duplicado.

2.6. Contenido de grasa en estado sólido

El contenido porcentual de sólidos a 4°C en las emulsiones se determinó por el método RMN de pulsos (Bruker Minispec pc120). Las mediciones se hicieron al menos por duplicado. Emulsiones preparadas sin GL dieron valores nulos de contenido de sólidos. Por lo tanto, en las emulsiones donde la GL está presente, los resultados se expresaron como contenido de grasa en estado sólido (CGS). El valor de CGS se determinó por el método directo calculado como: $[fS_{11}/(fS_{11} + S_{59})]100$ (%), donde S_{11} y S_{59} son las magnetizaciones a 11 y 59 s., respectivamente y f es un factor de extrapolación (Gribnau, 1992).

2.7. Ensayos de batido

Los ensayos de batido de las emulsiones se llevaron a cabo utilizando un batidor comercial (Phillips mixer HR 1500, Phillips, Holanda) con una paleta batidora de 7 cm de longitud por 4 cm de ancho y una velocidad de 550 r.p.m. En un recipiente de 0.5 litros se colocó un volumen definido de las emulsiones (150 ml), realizándose el batido con el fin de determinar de manera cualitativa el aumento de la consistencia.

2.8. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados por análisis de la varianza y las diferencias significativas con un 95% de confianza ($p < 0.05$) fueron determinadas mediante el

test de Fisher (Statgraphics Plus 2.1, Statistical Graphics Corporation, USA).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer lugar, en el transcurso de 7 días se midió el % BS en las emulsiones LSR-aceite. En todos los casos en los que se observó disminución de los valores de % BS se debió a un proceso de migración de partículas (separación gravitacional) más que a uno de aumento de tamaño de gota (coalescencia). Esto puede observarse en la Figura 1a, donde se muestra un ejemplo representativo de la evolución de los perfiles de % BS de una emulsión inestable. En lugar de observarse una disminución del % BS de los perfiles a lo largo del tubo de medida, se observó un corrimiento del perfil de izquierda a derecha a medida que transcurre el tiempo, lo cual indica que las gotas de aceite migran desde la parte inferior a la parte superior del tubo. Como contraste, en la Figura 1b se muestran los perfiles de % BS de una emulsión estable frente a la separación gravitacional y a la coalescencia, los cuales no se modificaron durante todo el transcurso del tiempo de medición.

A partir de perfiles de % BS obtenidos con todas las emulsiones ensayadas, que incluyen los dos niveles de concentración de leche de soja (5 y 10% p/p), las distintas proporciones de aceite (0-50% v/v) y la ausencia o presencia de goma xántica, se evaluó la cinética de separación gravitacional en el transcurso de una semana, evaluando la variación los valores promedio de % BS de la región 10-20 mm del tubo (% BS₁₀₋₂₀). En la Figura 2 se observan las evoluciones de % BS₁₀₋₂₀ de las emulsiones almacenadas a 4°C durante una semana, analizándose comparativamente la influencia de la proporción volumétrica de aceite en emulsiones preparadas con las LSR ensayadas. Independientemente de la proporción volumétrica de aceite, las emulsiones preparadas con LS5 se desestabilizaron rápidamente por separación gravitacional en las primeras horas de almacenamiento (datos no mostrados). Las emulsio-

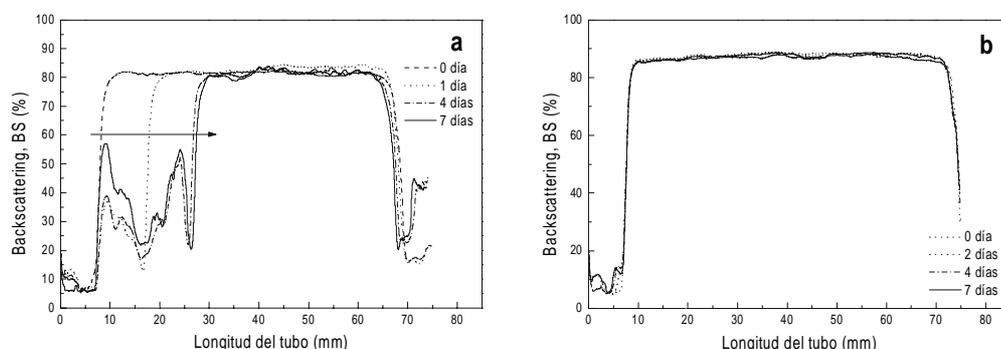


Figura 1

Perfiles de porcentaje de backscattering (% BS) en función de la altura del tubo (en mm) para: a) Emulsión inestable (LS5, 40% de aceite); b) Emulsión estable (LS10X, 40% de aceite). Las regiones sombreadas indican la zona de medida de BS (zona 10-20 mm) para analizar la estabilidad. Longitud del tubo de medida: 60 mm.

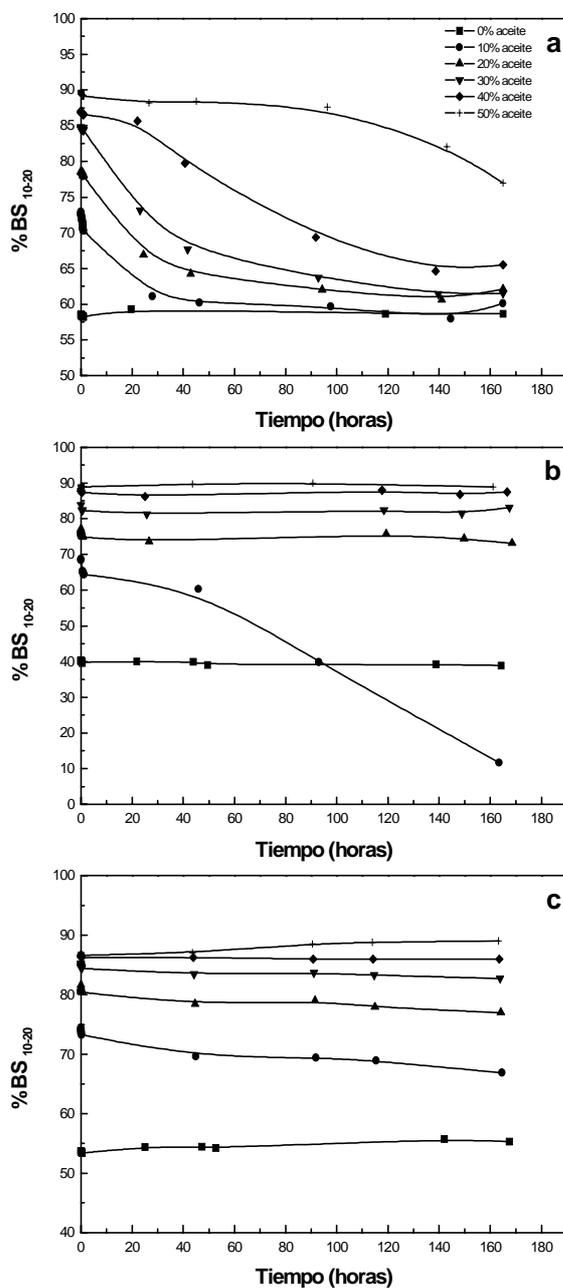


Figura 2

Efecto de la proporción volumétrica de aceite en la cinética de separación gravitacional de emulsiones formuladas con distintas leches de soja reconstituidas (LSR). Las variación de los valores promedio de backscattering (zona 10-20 mm, % BS₁₀₋₂₀) se realizó en función del tiempo durante el transcurso de 7 días: a) LS10; b) LS5X; c) LS10X.

nes con LS10 muestran en cambio una mayor estabilidad que es función del contenido de aceite (Figura 2a). Las LSR (5 y 10%) con adición de goma xántica otorgaron a las emulsiones una mayor estabilidad que las LSR sin el hidrocoloide. La única excepción fue la emulsión LS5X con 10% de aceite que mostró una marcada disminución de % BS₁₀₋₂₀ du-

rante el intervalo de tiempo ensayado (Figura 2b). A tiempos mayores a 90 horas, el % BS₁₀₋₂₀ de esta emulsión fue menor al de la LS5X sin adición de aceite, lo cual se atribuiría probablemente a la migración conjunta de las gotas de aceite, de agregados proteicos no adsorbidos y otros componentes que le otorgan turbidez a la leche de soja. Las emulsiones con la adición del hidrocoloide dieron resultados muy similares para cantidades de aceite igual o mayores al 20% (Figuras 2b-c). Por lo tanto, se puede decir que el principal factor de estabilidad es la presencia de goma xántica más que la concentración de LS. El estudio de estabilidad se completó con los valores de $K_{0,1}$ y $t_{0,1}$ obtenidos a partir de la cinética de separación gravitacional (Tabla I). Las emulsiones preparadas con LS10 mostraron una disminución significativa de $K_{0,1}$ a medida que aumenta la proporción volumétrica de aceite (Tabla I, $p < 0.05$). Por otra parte, durante los 7 días de almacenamiento, la separación gravitacional de las emulsiones LS5X y LS10X no tuvo lugar a proporciones volumétricas de aceite mayores al 10% debido a la presencia del hidrocoloide. Es posible observar además que las emulsiones tienden a exhibir un menor valor de $K_{0,1}$ cuanto mayor es la cantidad de aceite agregada. Este resultado debe atribuirse al aumento de viscosidad dado por el incremento de fase dispersa que dificulta la movilidad de las gotas. Concentraciones de aceite iguales o menores a 20% tuvieron una viscosidad aparente menor a 60 cp, mientras que concentraciones iguales o mayores a 40% superaron los 100 cp.

El porcentaje de backscattering promedio inicial (zona 10-20 mm, % BS_{in 10-20}) se utilizó como medida del tamaño de partícula de cada emulsión en condiciones iniciales, a la misma proporción volumétrica de aceite. Esto se basa en que existe una correlación lineal entre % BS_{in 10-20} y el tamaño de gota (Palazolo y col., 2004). El % BS_{in 10-20} aumentó con el incremento de la cantidad de aceite agregada debido a un aumento del número de gotas. A igual concentración de aceite, las emulsiones preparadas con la leche LS5 presentaron siempre el menor % BS_{in 10-20}, indicando un menor número y por ende mayor tamaño de partícula. Los % BS_{in 10-20} correspondientes a las otras tres muestras de leche de soja reconstituida siguieron el orden LS10X > LS10 > LS5X en el rango 10-30% de aceite, pero en 30-50% no hubo diferencias significativas entre estas tres muestras ($p < 0.05$, Figura 3a). En la Figura 3b se observan las distribuciones en volumen de tamaño de gota para las emulsiones LS5X con distintas cantidades de aceite. El aumento de la proporción volumétrica de aceite acentuó el carácter bimodal de las distribuciones, exhibiendo un menor volumen de fase dispersa distribuido en gotas menores a 3 μm . Además, los valores de d_{32} se incrementaron con la cantidad de aceite agregada en el rango de proporciones 10-

Tabla I
Tiempos de cremado ($t_{0.1}$) y constantes cinéticas ($K_{0.1}$) de emulsiones leche de soja reconstituida-aceite de girasol refinado. Mínima diferencia significativa para $K_{0.1}$ (LSD, Test de Fisher, $p < 0.05$): 0.9 días^{-1}

Proporción de aceite (% v/v)	LS5X		LS10		LS10X	
	$t_{0.1}$	$K_{0.1}$	$t_{0.1}$	$K_{0.1}$	$t_{0.1}$	$K_{0.1}$
	(días)	(días ⁻¹)	(días)	(días ⁻¹)	(días)	(días ⁻¹)
10	1.19	12.2	0.60	22.8	6.72	2.00
20	NC	NC	0.68	18.6	NC	NC
30	NC	NC	0.70	16.8	NC	NC
40	NC	NC	1.98	5.81	NC	NC
50	NC	NC	6.19	1.79	NC	NC

NC: Se consideran emulsiones no desestabilizadas pasados 7 días.

40% ($p < 0.05$, Figura 3c). Por consiguiente, aunque la alta proporción volumétrica de aceite (30-50%) provocó un incremento de d_{32} , no influyó negativamente sobre la estabilidad ya que ésta está determinada por la viscosidad del sistema (Figura 2b). Por otro lado, cuando la determinación de tamaño de gota se llevó a cabo en presencia de SDS 1%, no se encontraron diferencias significativas en los valores de d_{32} ni tampoco en el carácter de las distribuciones ($p < 0.05$). Este resultado sugiere la ausencia de flóculos estables en las condiciones de medida de tamaño de partícula (Anton y col., 2002).

Dado que la adición de goma xántica permitió la estabilización frente a la separación gravitacional de emulsiones con una proporción de aceite 20% (Figura 2b-c), en una segunda etapa se estudió el efecto de la incorporación de GL en la FL utilizando al hidrocoloide como estabilizante. Los estudios realizados con QuickScan sobre estas cremas mostraron que la presencia de GL no afectó la estabilidad frente a la separación gravitacional, no observándose variación de % BS₁₀₋₂₀ en todo el lapso de tiempo estudiado (datos no mostrados). La influencia de la concentración de GL (0-50%) en la distribución de tamaño de gota se estudió sobre emulsiones LS5X con 40% de FL (Figura 4a). Como control se tomó una emulsión preparada con una FL sin GL y homogeneizada a 60°C. El d_{32} resultante de esta emulsión control ($3.34 \pm 0.05 \mu\text{m}$) fue significativamente menor que el de la misma emulsión homogeneizada a temperatura ambiente ($3.63 \pm 0.05 \mu\text{m}$) ($p < 0.05$). Este resultado se atribuiría probablemente a una menor tensión interfacial entre el aceite y la LS5X y a una desorganización estructural de los agregados de la LS inducida por el incremento de temperatura. Al

igual que la emulsión control, las distribuciones de tamaño de gota de las preparadas con distinto contenido de GL fueron de carácter bimodal, pero los valores de d_{32} mostraron una disminución significativa a $\text{GL} \geq 20\%$ p/p en FL. En estas emulsiones, la disminución de d_{32} se correspondió con un aumento significativo de % BS_{in 10-20} ($p < 0.05$, Figura 4b). Estos resultados podrían atribuirse a una contracción de volumen de las gotas de fase dispersa por efecto de la cristalización de la GL. De acuerdo a los valores del contenido de grasa sólida (CGS) y la GL total agregada a la emulsión, la cristalización fue de aproximadamente entre un 75-85%, independientemente de la proporción de GL (Figura 4c). El efecto de la contracción del volumen de las gotas se vio reflejado en mayor extensión con la emulsión con 50% GL en la FL, la cual exhibió un valor de d_{32} significativamente más pequeño al de las emulsiones preparadas con menores proporciones de GL ($p < 0.05$, Figura 4b).

A fin de evaluar la capacidad de las emulsiones formuladas (almacenadas durante una semana a 4°C) de aumentar su consistencia por efecto de trabajo mecánico de manera similar a la nata comercial, se realizó un ensayo de batido cualitativo sobre las mismas. El estado de las muestras previo al batido resultó ser muy importante dado que sólo las emulsiones líquidas y que no presentaron separación de fases pudieron ser sometidas a este proceso. En base a los resultados de este ensayo (Tabla II) se estableció que las condiciones óptimas de preparación corresponden a emulsiones con un 40% de una fase lipídica compuesta por entre 30 y 50% de GL. Menores porcentajes no favorecieron un aumento suficiente de la consistencia por batido; al mismo tiempo, no se justifica

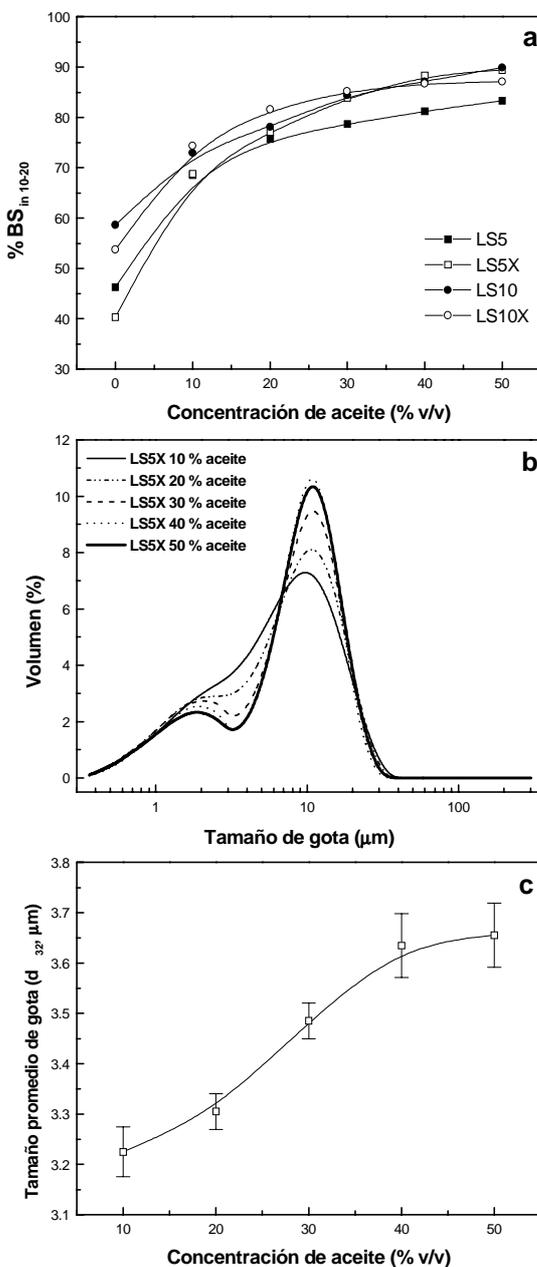


Figura 3

a) Efecto de la goma xántica, concentración de leche de soja y proporción de aceite de girasol refinado sobre el porcentaje de backscattering promedio medio inicial, zona 10-20 mm (% BS_{in 10-20}); b) Distribución en volumen de tamaño de gota de emulsiones preparadas con LS5X y distintas proporciones volumétricas de aceite (10-50% v/v); c) Efecto de la proporción volumétrica de aceite sobre el diámetro promedio de Sauter (d_{32}) de emulsiones preparadas con LS5X. Mínima diferencia significativa (LSD, Test de Fisher, $p < 0.05$): 0.13 mm.

utilizar cantidades mayores de fase lipídica si el efecto deseado se logra con 40%. Además, se debe tener en cuenta que las emulsiones con una proporción muy elevada de FL son más propensas a la inversión de fase (McClements, 1999).

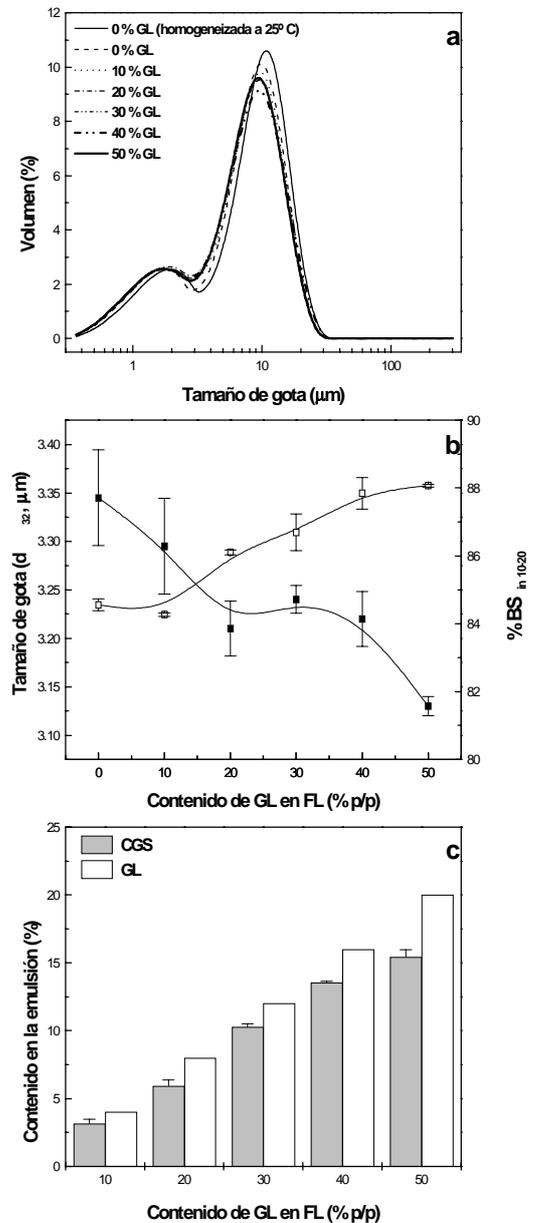


Figura 4

a) Distribuciones de tamaño de gota de emulsiones LS5X con 40% de fase lipídica (FL) y distintas proporciones de grasa láctea (GL, 0-50% p/p). Las emulsiones de igual % FL, sin GL y homogeneizadas a 25°C y 60°C se tomaron como control; b) Efecto de la proporción de GL en la FL sobre el diámetro promedio de Sauter (d_{32} , símbolos cerrados) y el porcentaje de backscattering promedio inicial (% BS_{in 10-20}, zona 10-20 mm: símbolos abiertos) de emulsiones LS5X, 40% FL.; Mínima diferencia significativa (LSD, Test de Fisher, $p < 0.05$): 0.08 μm y 0.74% para d_{32} y % BS_{in 10-20}, respectivamente. c) Contenido de grasa sólida (CGS) de emulsiones LS5X con 40% FL y distintas proporciones de GL (10-50% p/p). Los datos se expresaron como porcentajes respecto a la emulsión total.

4. CONCLUSIONES

La estabilidad de las cremas preparadas con leche de soja depende de la formulación de la leche de soja reconstituida y de la cantidad y composición

Tabla II
Ensayos de batido sobre cremas almacenadas durante 1 semana a 4°C

	% FL	10-20% GL en FL	30-50% GL en FL
	20	Líquidas Presentan separación de fases	
LS5X	40	Líquidas No aumentan consistencia	Líquidas Aumentan consistencia (++)
	50	Líquidas Aumentan consistencia (+)	Líquidas Aumentan consistencia (+++)
	20	Líquidas No aumentan consistencia	
LS10X	40	Líquidas No aumentan consistencia	Líquidas Aumentan consistencia (+++)
	50	Líquidas Aumentan consistencia (+)	Sólidas

(+, ++, +++): poco, medio y muy consistente, respectivamente.

de la fase lipídica. Las cremas preparadas con leche de soja más concentrada y/o con adición de goma xántica fueron más estables, siendo más importante la presencia del hidrocoloide. También la estabilidad aumentó como resultado del aumento de la cantidad de fase lipídica a pesar de haber un aumento del tamaño de gota. Fue posible formular cremas con grasa láctea de alto punto de fusión que permanecen líquidas durante un almacenamiento refrigerado prolongado (aun con un alto porcentaje de grasa cristalizada) y que exhiben la propiedad de aumentar su consistencia durante el batido. Estas características de las emulsiones formuladas con leche de soja permitirían su empleo como un sustituto de la nata y responderían a los requisitos establecidos en el Código Alimentario Argentino (C.A.A, 2002) para este tipo de productos en relación al contenido de lípidos (natas livianas, 18.0-34.0% p/p de materia grasa y natas comunes, 34.1-50.0% p/p de materia grasa) pero con mayor contenido de ácidos grasos insaturados.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el aporte financiero de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (FONCyT, PICT 98-09-04296) y la Universidad Nacional de La Plata, Argentina (Proyecto 11/X219). También se agradece a Refinerías de Maíz S.A.I.C.F (Unilever Bestfoods Argentina, Planta Hellmann's, Pilar, Argentina) por la disponibilidad del analizador de partículas Malvern Mastersizer. El Lic. Gonzalo G. Palazolo es becario de estudio de la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC); el Ing. Andrés L. Márquez y el Dr. Jorge R. Wagner son becario de formación e Investigador Inde-

pendiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), respectivamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Anton, M., Beaumal, V., Brossard, C., Llamas, G. y Le Denmat, M. (2002). Droplet flocculation and physical stability of oil-in-water emulsions prepared with hen egg yolk in Food Emulsions and Dispersions, p 15-28. M Anton (Ed). Research Signpost, Kerala, India.
- Buchheim, W. y Dejneke, P. (1997). Milk and dairy-type emulsions, en *Food Emulsions*, p 235-278. S.E Friberg y K. Larsson (Ed.). Marcel Dekker, New York.
- Cerdeira, M.; Martini, S.; Hartel, R.W. y Herrera, M.L. (2003) Effect of sucrose ester addition on nucleation and growth behavior of milk fat-sunflower oil blends. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **51**, 6550-6557.
- Código Alimentario Argentino (2002), capítulo VIII: Alimentos lácteos. De la canal y asociados (Ed.). Buenos Aires.
- Florence, A.T. y Rieg, F. (1983). L'instabilité des émulsions en *Agents de surface et émulsions: les systèmes dispersés*, p 321-342. F. Puisieux, and M. Seillier (Ed.). Lavoisier, Paris.
- Gribnau, M.C.M. (1992). Determination of solid/liquid ratios of fats and oils by low resolution pulsed NMR. *Trends in Food Science and Technology*, **3**, 186-190.
- Lucassen-Reynders E.H. (1993). Interfacial viscoelasticity in emulsions and foams. *Food Structure*, **12**, 1-12.
- McClements (1999). Food Emulsions. Principles, practice and techniques. New York, CRC Press.
- Palazolo, G.G., Sorgentini, D.A. y Wagner, J.R. (2004). Emulsifying properties and surface behavior of whey soy proteins in comparison with other proteins. Creaming stability of oil-in-water emulsions. *Journal of the American Oil of Chemists' Society*, **81**, 625-632.
- Pan, L. G., Tomás, M.C. y Añon, M.C. (2002) Effect of sunflower lecithins on the stability of water-in-oil and oil-in-water emulsions. *Journal of Surfactants and Detergents*, **5**, 135-143.

- Puppo, M.C.; Sorgentini, D. A. y Añón, M. C. (2003). Rheological properties of emulsions containing modified soy protein isolates. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **80**, 605-611.
- Rydhag, L. y Wilton, I. (1981). The function of phospholipids of soybean lecithin in emulsion. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, **58**, 830 - 837.
- Taupin, C. (1983). Mécanisme de la stabilité des émulsions et micro-émulsions en *Agents de surface et émulsions: les systèmes dispersés*, p 303-320. F. Puisieux, y M, Seillier (Ed.) Lavoisier, Paris.
- Vanapalli, S.A. y Coupland, J.N. (2001). Emulsions under shear. The formation and properties of partially coalesced lipid structures. *Food Hydrocolloids*, **15**, 507-512.
- Wagner, J.R. y Guéguen, J. (1999). Surface functional properties of native, acid treated and reduced soy glycinin. 2. Emulsifying properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47 (6)**, 2181-2187.
- Walstra P. (1983). Formation of emulsion, en *Encyclopedia of Emulsion Technology: Basic Theory*, p. 57-127. P. Becher P.(Ed.). Marcel Dekker Inc., New York.

Recibido: Noviembre 2003
Aceptado: Noviembre 2004