

Emulsiones tipo crema preparadas a base de leche de soja 3: Efecto de ciclos de temperatura

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, Argentina.

* e-mail: jrwagner@biol.unlp.edu.ar

RESUMEN

Emulsiones tipo crema preparadas a base de leche de soja 3: Efecto de ciclos de temperatura.

En este trabajo se analizó el efecto de ciclos calentamiento-enfriamiento sobre cremas preparadas a 60°C con leche de soja en polvo reconstituida, aceite de girasol y grasa láctea y almacenadas posteriormente a 4°C durante 3 horas. Los ciclos consistieron en un calentamiento a 40°C o 50°C (30 min) seguido de un enfriamiento a 4°C (2 horas). En los ensayos realizados sobre cremas formuladas con 40% de fase lipídica se observó un aumento de los valores de G' y G'' después del ciclo 40°C-4°C, a pesar de no haberse observado un aumento en el contenido de grasa sólida. Estos resultados se atribuyen a la formación de agregados de gotas inducida por la fusión parcial, reordenamiento y recristalización de la grasa láctea en las gotas. Estudios de resonancia magnética nuclear de pulsos, calorimetría diferencial de barrido y distribución de tamaño de partícula por difracción de luz permitieron corroborar que el principal mecanismo de formación de agregados es la coalescencia parcial. Frente al mismo ciclo térmico, la crema con 20% de fase lipídica no aumentó su consistencia, dada la ausencia o formación insuficiente de agregados por el bajo número de gotas. Ensayos similares sobre la nata a 40°C o sobre las cremas de leche de soja a 50°C, no mostraron cambios reológicos, debido a la fusión casi total de la grasa.

PALABRAS-CLAVE: *Ciclo térmico - Coalescencia parcial - Crema - Emulsiones - Leche de soja - Reología.*

SUMMARY

Cream-like emulsions prepared with soy milk 3: Effect of temperature cycling.

In this work, the effect of temperature cycling on emulsions formulated with reconstituted soy milk, sunflower oil and high melting point milk fat was analysed. The emulsions were prepared at 60°C, stored at 4°C (3 h), warmed at 40°C or 50°C (30 min) and afterwards cooled at 4°C (2h). Although solid fat content of emulsions did not raised after tempering at 40°C, increase of G' and G'' was observed only in those formulated with 40% lipid phase. This phenomenon was attributed to droplet aggregation due to partial melting, recrystallization and reordering of fat crystals in oil droplets. The main droplet destabilization mechanism was the partial coalescence; it was corroborated by nuclear magnetic resonance, differential scanning calorimetry and droplet size distribution studies. On the other hand, the consistency of 20% of lipid phase emulsion did not increased. Low droplet concentration disfavoured the partial coalescence of droplets. Similar assays on cream at 40°C and cream-like soy milk emulsions at 50°C, did not show rheological modifications, due to almost total melting of milk fat during tempering.

KEY-WORDS: *Cream - Emulsions - Partial coalescence - Rheology - Soy milk - Temperature cycle.*

1. INTRODUCCIÓN

La nata líquida (en Argentina, «crema de leche»), ampliamente utilizada en productos de pastelería y repostería, aumenta su consistencia por efecto de trabajo mecánico. Para mantenerse líquida es necesario minimizar la influencia de factores externos que puedan alterar la resistencia de la nata a los fenómenos de desestabilización (Mutoh y col., 2001). La fluctuación térmica durante el transporte y almacenamiento es un factor que afecta negativamente la estabilidad de la nata líquida, debido a que una elevación temporal de la temperatura induce un incremento de la viscosidad o solidificación en la nata después de un nuevo enfriamiento (Boode y col., 1991). Trabajos anteriores han informado que este aumento de viscosidad después del enfriamiento tiene lugar sólo cuando la nata se expone a temperaturas en las cuales la grasa sólida se funde parcialmente, mientras que las cremas permanecen líquidas si la fusión de la grasa es total (Boode y col., 1991; Goff, 1997). Según Mutoh y col. (2001), el mecanismo por el cual se produce el incremento de la consistencia de la nata sometida a tratamientos térmicos, es el de coalescencia parcial.

El producto conocido como leche de soja obtenido a partir de granos de soja por extracción acuosa tiene una composición centesimal en proteínas, hidratos de carbono y lípidos del mismo orden que la leche vacuna. Las proteínas y los fosfolípidos presentes en la leche de soja en forma soluble o coloidal poseen buenas propiedades emulsificantes que le confieren al producto posibilidades de empleo semejantes a las de las proteínas lácteas (Rhydag y Wilton, 1981; van Nieuwenhuyzen y Szuhaj, 1998; Liu y col., 1999).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto del cambio de temperatura de emulsiones tipo crema formuladas con leche de soja, aceite refinado de girasol y grasa láctea de alto punto de fusión, en distinta proporción. Se analizaron los cambios es-

tructurales y el comportamiento reológico frente a ciclos térmicos, en forma comparativa con una nata comercial, y el efecto de la composición de las fases acuosa y lipídica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Materiales

La leche de soja en polvo proviene de Unilever Bestfoods Argentina S.A. y el aceite de girasol refinado de Molinos Río de la Plata S.A. (Avellaneda, Argentina). La fracción de grasa láctea de alto punto de fusión, GL (punto de fusión $\approx 47-48^{\circ}\text{C}$) fue proveniente de la Universidad de Wisconsin. La nata líquida (**CL**) se adquirió en un comercio local, con un mínimo de 42% de materia grasa, según lo especificado en el rótulo. Todos los reactivos fueron de calidad analítica.

2.2. Preparación de las emulsiones

La leche de soja reconstituida (LSR) se preparó a concentraciones de 5 y 10% p/p de LS, con agregado de agua destilada, 0,2% de goma xántica (X) y 0,03% de azida sódica como preservante. La proporción de LSR, aceite de girasol refinado, GL y la preparación de las emulsiones se realizó según lo descrito en el trabajo previo (Márquez y col., 2005 a). Las emulsiones empleadas fueron **A**: LS5X 40% FL (30% GL), **B**: LS5X 40% FL (50% GL), **C**: LS10X 40% FL (30% GL) y **D**: LS10X 20% FL (60% GL) (Márquez y col., 2005 b).

2.3. Ciclos térmicos

Las emulsiones tipo crema y la nata (control) fueron sometidas a un ciclo de temperatura: almacenamiento a 4°C durante 3 horas, posterior calentamiento a 40°C (por debajo del punto de fusión de la GL) durante 30 min., y una nueva refrigeración a 4°C durante 2 horas. Se realizó además un ciclo con las mismas condiciones pero calentando a 50°C (por encima del punto de fusión de la GL) con una de las cremas.

2.4. Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

Las muestras fueron herméticamente selladas en cápsulas de aluminio y analizadas a $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ en un rango de $10-70^{\circ}\text{C}$ utilizando un equipo DSC Polymer Laboratories (Rheometric Scientific, Weston Road, Estados Unidos). Las áreas bajo las curvas endotérmicas fueron calculadas para obtener los correspondientes entalpías de fusión, expresadas en mcal/mg de GL en las muestras.

2.5. Caracterización de las emulsiones

Con las emulsiones sin tratamiento previo y después de someterse a ciclos de temperatura se llevaron a cabo experimentos de caracterización. El contenido de grasa sólida (CGS), expresado como porcentaje de la emulsión total o de GL agregada, se determinó por el método directo de RMN de pulsos (Gribnau, 1992). La distribución de tamaño de partículas fue obtenida utilizando un analizador de partículas (Malvern Mastersizer, Malvern Instruments Ltd, Reino Unido). A partir de la distribución en volumen de tamaño de partícula se determinó el correspondiente diámetro promedio d_{43} (Márquez y col., 2005 b). 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, 2002). Por otra parte, el porcentaje de grasa desestabilizada (% GD) fue determinado por el procedimiento experimental de Se-gall y Goff (2002).

El comportamiento reológico de las emulsiones sometidas a ciclos térmicos se evaluó con un reómetro dinámico de platos paralelos Haake CV20 (Karlsruhe, Alemania) con una separación de 1 mm. Se efectuaron barridos de G' (módulo elástico o de almacenamiento) y G'' (módulo viscoso o de pérdida) en las mismas condiciones descritas en un trabajo anterior (Márquez y col., 2005 b).

2.6. 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

Se estudió la influencia del contenido de GL (comparación entre **A** y **B**: igual concentración de LSR y cantidad de fase lipídica), de la concentración de LSR (comparación entre **A** y **C**: igual cantidad y composición de fase lipídica) y de la cantidad de fase lipídica agregada (comparación entre **C** y **D**: igual porcentaje de GL en la emulsión total). El contenido de grasa sólida (CGS) inicial de las cremas se observa en la Figura 1a. Cabe destacar que si las emulsiones eran preparadas con la misma LSR pero sin agregado de GL, daban valores nulos de CGS. Las emulsiones **A**, **B**, **C** y **D** que contienen GL mostraron un CGS menor al de la nata (**CL**). De estas cuatro cremas, **B** mostró el mayor CGS acorde a su mayor contenido de GL. **A**, **C** y **D** tienen la misma cantidad de GL en toda la emulsión ($\approx 12 \text{ g GL}/100 \text{ g emulsión}$), sin embargo **D** mostró un CGS levemente superior a los de **A** y **C** ($p < 0,05$). La cantidad de fase

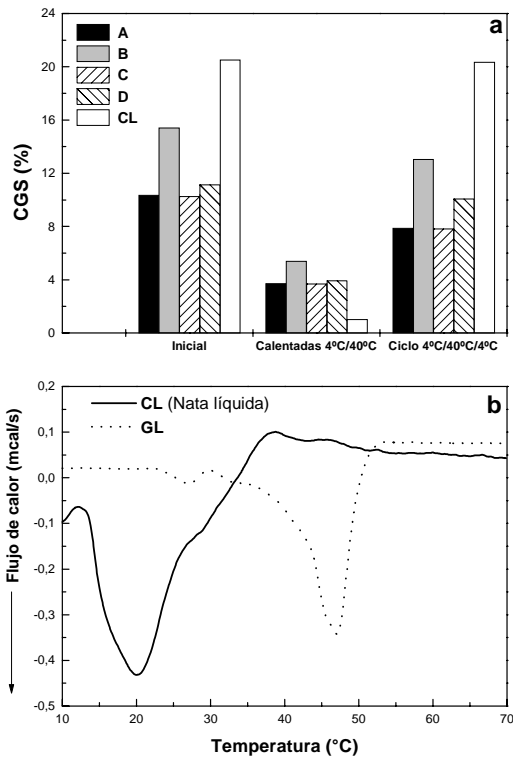


Figura 1: a) Contenido de grasa sólida (CGS, % expresado sobre emulsión total) de las cremas **A**, **B**, **C**, **D** y **CL** almacenadas a 4° C durante 3 horas (condición inicial), después del calentamiento a 40° C durante 30 minutos (4 → 40° C) y después del ciclo calentamiento-enfriamiento (4° C → 40° C → 4° C); b) Termogramas DSC de la grasa láctea (GL) y de la nata líquida (muestra **CL**). Velocidad de calentamiento: 5° C/min.

lipídica de **D** es 50% menor y por ende dos veces más concentrada en GL que las de **A** y **C**. Esto facilitarí­a la cristalización durante el almacenamiento a 4° C inmediatamente después de preparar la emulsión, lo cual explica su valor más alto de CGS.

Cuando la temperatura se elevó a 40° C y se mantuvo durante 30 minutos, el CGS para las emulsiones preparadas con leche de soja disminuyó a valores en el rango del 4-6 %, mientras que el de **CL** fue mucho menor (1,0 ± 0,3 %). GL está compuesta por una fracción de triacilgliceroles de alto punto de fusión (Cerdeira y col., 2003), lo que se corresponde con el termograma obtenido con un pico endotérmico de 47° C (Figura 1b). En cambio, los cristales de grasa presentes en la muestra **CL** líquida, están compuestos mayoritariamente por una fracción de bajo punto de fusión (<38° C) como se ve en la endoterma correspondiente. Este resultado explica el bajo valor de CGS de la **CL** calentada a 40° C.

Todas las emulsiones fueron líquidas antes de realizar el ciclo de temperatura, pero después del mismo, a excepción de **D** y **CL**, se observó un marcado

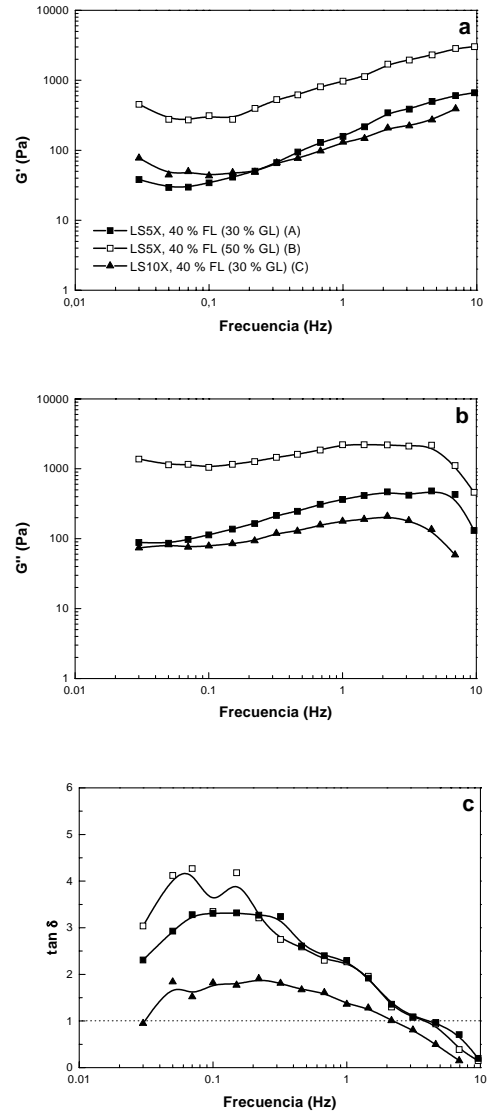


Figura 2 Variación de G' (módulo elástico) (a), G'' (módulo viscoso) (b) y tan δ (G''/G') (c) con la frecuencia de oscilación. Las muestras analizadas son **A**, **B** y **C** después de un ciclo térmico de calentamiento y enfriamiento (4° C → 40° C → 4° C). temperatura de medida: 15° C. Deformación: 5%, en el rango de viscoelasticidad lineal.

aumento de la consistencia. Después del ciclo de temperatura, las muestras **A**, **B** y **C** pasaron de ser emulsiones líquidas a cremas consistentes con un comportamiento viscoelástico caracterizado por los valores de G' y G'' que se muestran en las Figuras 2a-b. La emulsión **B**, con el mayor contenido de GL y el mayor CGS, mostró los valores más elevados de G' y G'' en todo el rango de frecuencias analizado, lo cual indica que los cambios en la consistencia se atribuirían a una recristalización de la grasa en las gotas de aceite. Debe notarse que después del ciclo de temperatura la muestra **C** presentó valores de G'

similares y de G'' menores a los de **A**. La crema **C** fue preparada con una LSR con el doble de contenido de sólidos de LS que **A** y por ende, de mayor viscosidad (Márquez y col., 2005b), lo cual dificultaría el desplazamiento de las gotas produciéndose un menor número de agregados y por lo tanto un menor aumento de los parámetros reológicos.

Los resultados obtenidos con el estudio de la reología de cremas sometidas a un ciclo de calentamiento-enfriamiento, no pueden ser atribuidos al contenido de grasa sólida, dado que los valores de CGS alcanzados después del ciclo fueron incluso algo menores a los iniciales (Figura 1a). Gran parte de la GL que se funde vuelve a cristalizar cuando las muestras se enfrían nuevamente. La importancia de que la fusión sea parcial y no total, radica en que los nuevos cristales deben formarse por aumento de tamaño de los que no se fundieron totalmente, que servirían como núcleos. La formación de cristales más grandes que los anteriores al ciclo térmico y una nueva orientación de los mismos, con mayor concentración en la interfase, favorecería la coalescencia parcial y/o la floculación, lo cual induce a un aumento en los parámetros reológicos (Boode y col., 1991). Las emulsiones **D** y **CL** no aumentaron su consistencia debido al menor porcentaje de fase lipídica en la primera y a la fusión casi total de los cristales de grasa en la segunda durante el ciclo térmico. Aunque **D** presentó un CGS levemente mayor a los de **A** y **C** (Figura 1a, $p < 0,05$), la cantidad de fase lipídica en la emulsión total es un 50% menor, lo cual significa un menor número de gotas por unidad de volumen. Según Boode y col. (1991), cuando la distancia de acercamiento entre las gotas es mayor que la alcanzada por los cristales de grasa que sobresalen de la superficie de las mismas, la coalescencia parcial se desfavorece y por ende también el aumento de la consistencia. La ausencia de formación o la formación mínima de agregados entre las gotas explicaría el resultado obtenido con la muestra **D**. Como se mencionó anteriormente para **CL**, no se observó un aumento de la consistencia debido al valor casi nulo de CGS (Figura 1a). Trabajos anteriores han evidenciado que para inducir la coalescencia parcial de las emulsiones tipo crema es fundamental que el tratamiento térmico produzca: i) la fusión de los cristales con menor punto de fusión, ii) enriqueciendo de la fase lipídica en cristales de punto de fusión más elevado, lo cual se logra con una fusión parcial quedando un contenido de grasa sólida no inferior al 10% del total de grasa cristalizante (Mutoh y col., 2001). Para la muestra **CL**, el CGS expresado como porcentaje de la grasa cristalizante fue inferior a 2,5% con lo cual la probabilidad de que todas las gotas contengan cristales después del calentamiento es muy baja. La cristalización de la grasa durante el enfriamiento se produciría por una nueva nucleación en las gotas y no por recristalización de crista-

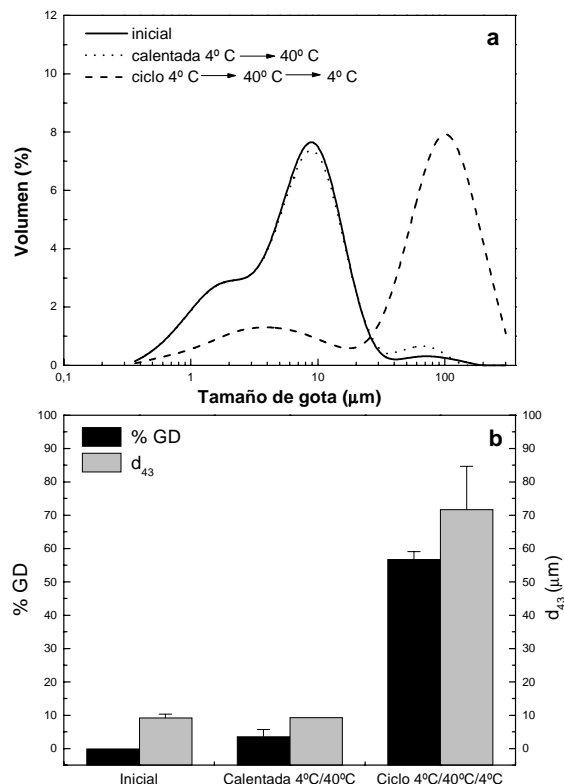


Figura 3

a) Distribución en volumen del tamaño de partícula y b) variación de grasa desestabilizada (% GD) y d_{43} del diámetro promedio d_{43} , para la crema **B** almacenada a 4 °C durante 3 horas (condición inicial), después del calentamiento a 40 °C durante 30 minutos (4 → 40 °C) y después del ciclo calentamiento-enfriamiento (4 °C → 40 °C → 4 °C).

les preexistentes, no induciéndose la formación de grandes cristales en la superficie de las gotas, lo cual explicaría la ausencia de coalescencia parcial. Esto se corroboró por calorimetría diferencial de barrido (DSC), dado que el termograma de **CL** después del ciclo (dato no mostrado) no presentó diferencias respecto al termograma de la **CL** inicial.

Para corroborar si la coalescencia parcial es el mecanismo que induce el aumento de la consistencia en las emulsiones preparadas con LSR, se realizaron mediciones de tamaño de partícula y porcentaje de grasa desestabilizada (% GD). La Figura 3 muestra los resultados obtenidos para la emulsión **B**. Las mediciones de tamaño de partícula se han llevado a cabo en ausencia y presencia de SDS 1%. Según Anton y col. (2002), el diámetro promedio (d_{43}) medido sin el detergente es el de gotas individuales y flóculos presentes en la emulsión. Las distribuciones de tamaño de partícula (sin SDS) para la emulsión **B** líquida inicial y para la misma calentada a 40 °C fueron similares y de carácter bimodal (Figura 3a) a pesar de la marcada disminución

de CGS debido al incremento de temperatura (Figura 1a). Los valores de d_{43} fueron similares ($p < 0,05$), lo cual indica que el calentamiento no indujo la formación de flóculos ni coalescencia. En cambio, después del enfriamiento a 4°C , la distribución de tamaño de partícula se modificó debido a la presencia de agregados, lo que produjo un aumento de casi 8 veces en el diámetro promedio d_{43} (Figura 3b). Cuando la determinación se llevó a cabo con una dilución previa en presencia de SDS 1 %, no hubo cambios significativos en los valores de d_{43} tanto en condiciones iniciales como luego del ciclo térmico, evidenciando en ambas condiciones la ausencia de flóculos ($p < 0,05$). Debido a este resultado, la formación de agregados por efecto del ciclo de calentamiento-enfriamiento se atribuiría exclusivamente a la coalescencia parcial. El valor de % GD fue casi nulo al calentar a 40°C pero aumentó hasta un 56 % después del enfriamiento (Figura 3b), mostrando una correspondencia con los resultados obtenidos por medición de tamaño de partícula.

Finalmente, se realizaron ensayos de DSC sobre la muestra **B** en condiciones iniciales y luego de dos ciclos diferentes de calentamiento-enfriamiento (Figura 4a). Tanto en la emulsión inicial como después de los ciclos térmicos, la endoterma de fusión de los cristales presentes tiene una temperatura de pico de 43°C , la cual es inferior a la observada para la GL (Figura 1b). Este resultado se debería a una diferente cristalización de los triacilgliceroles dentro de las gotas de las cremas. La endoterma correspondiente a la emulsión inicial exhibe además del pico principal un hombro adicional en el rango $35\text{-}40^{\circ}\text{C}$ que sugiere la existencia de al menos dos tipos de formas cristalinas predominantes. Después del ciclo $4^{\circ}\text{C}\text{-}40^{\circ}\text{C}\text{-}4^{\circ}\text{C}$ la mayor parte de la fusión se produce alrededor de los 43°C (desaparición del hombro) lo cual indica que la muestra se enriqueció en los cristales de mayor punto de fusión. En cambio, cuando el ciclo de calentamiento es $4^{\circ}\text{C}\text{-}50^{\circ}\text{C}\text{-}4^{\circ}\text{C}$ el termograma adquiere las mismas características que el de la emulsión inicial, confirmándose la ausencia de recristalización.

En la Figura 4b se comparan los valores de CGS y ΔH (ambos expresados en base al contenido de GL), observándose una correlación entre ambos. En condiciones iniciales, un 77% de la GL en la crema **B** está en estado sólido. Después de calentar a 40°C , un 27% de la GL se mantiene sólida, mientras que después de re-enfriar a 4°C un 65% de la GL se encuentra en estado sólido, observándose una disminución tanto del CGS como del ΔH con respecto a la muestra inicial. Calentando a 50°C , sólo un 5% de la GL queda sólida, y después de re-enfriar, un 82% de la misma se halla en esa condición, habiendo un leve aumento del CGS y del ΔH . Además, después de calentar a 50°C y re-enfriar a 4°C la crema permaneció líquida, lo cual demuestra la necesidad de que la fu-

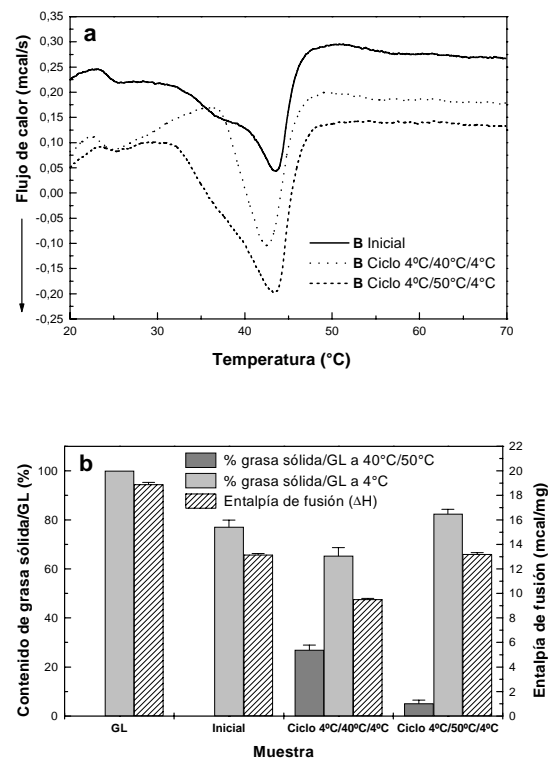


Figura 4

a) Termogramas DSC de la crema **B** almacenada a 4°C durante 3 horas (condición inicial) y después de dos ciclos de diferentes de calentamiento-enfriamiento ($4^{\circ}\text{C} \rightarrow 40^{\circ}\text{C} \rightarrow 40^{\circ}\text{C} \rightarrow 4^{\circ}\text{C}$ X). Velocidad de calentamiento: $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$.
b) Porcentaje de grasa sólida (expresado sobre GL) y entalpia de fusión (ΔH , mcal/mg GL) para las mismas cremas comparativamente con GL.

sión de cristales sea parcial para que haya un aumento de consistencia. Estos resultados son concordantes con los informados por otros autores en estudios realizados con cremas elaboradas con proteínas lácteas, grasa vegetal y emulsificantes no proteicos (Mutoh y col., 2001).

4. CONCLUSIONES

Las emulsiones preparadas con leche de soja reconstituida, aceite de girasol refinado y grasa láctea de alto punto de fusión aumentan su consistencia como consecuencia de la aplicación de un ciclo de temperatura. Este resultado se atribuye al mecanismo de coalescencia parcial, el cual es inducido por una recristalización y reordenamiento de los cristales de grasa en las gotas de fase lipídica. Cuanto mayor es el porcentaje de grasa sólida en esta fase más se favorece el aumento en los parámetros reológicos. En cambio, un aumento en la concentración de sólidos en la leche de soja reconstituida y una disminución del porcentaje de fase lipídica en la emulsión total, afecta negativamente el aumento de

la consistencia. De acuerdo a los resultados del presente trabajo y en concordancia con trabajos anteriores (Márquez y col., 2005, a y b), para favorecer la coalescencia parcial, la temperatura a la cual se realiza el tratamiento térmico debe ser tal que produzca sólo una fusión parcial de los cristales de grasa. Los resultados obtenidos muestran que es posible la obtención de emulsiones tipo crema preparadas con leche de soja reconstituida, que muestren características similares a la nata en cuanto a su comportamiento frente a los ciclos de calentamiento-enfriamiento. Esto permitirá en futuras investigaciones, la formulación de emulsiones tipo crema que incluyan proteínas de soja u otra fuente vegetal, aceites y grasas vegetales y den una perspectiva diferente en la obtención de emulsiones alimentarias.

5. 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 y a las Dras. María L. Herrera y Silvana Martini, por el apoyo técnico brindado en la utilización del equipo de RMN de pulsos. 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 Independiente del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), respectivamente.

6. BIBLIOGRAFÍA

Anton, M., Beaumal, V., Brossard, C., Llamas, G. y De Lenmat, M. (2002). Droplet flocculation and physical stability of oil-in-water emulsions prepared with hen egg yolk, en *Food Emulsions and Dispersions*, p 15-28. M. Anton (Ed.), Research Signpost, Kerala, India.

- Boode, K., Bisperink, C. y Walstra, P. (1991). Destabilization of o/w emulsions containing fat crystals by temperature cycling. *Colloids and Surfaces*, **61**, 55-74.
- 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.
- Goff, H.D. (1997). Instability and partial coalescence in whippable dairy emulsions. *Journal of Dairy Science*, **80**, 2620-2630.
- Goff, H.D. y Jordan, W.K. (1989). Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. *Journal of Dairy Science*, **72**, 18-29.
- 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.
- Liu, M; Lee, D.S. y Damodaran, S. (1999). Emulsifying properties of acidic subunits of 11 S globulin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **47**, 4970-4975.
- Márquez, A. L., Palazolo, G.G. y Wagner, J.R. (2005)a. Emulsiones tipo crema preparadas con leche de soja 1: Estudio de estabilidad y determinación de las formulaciones. *Grasas y Aceites*, **56** (1); 59-66.
- Márquez, A. L., Palazolo, G.G. y Wagner, J.R. (2005)b. Emulsiones tipo crema preparadas con leche de soja 2: Efecto de la agitación controlada sobre la reología de las cremas. *Grasas y Aceites*, **56** (2); 89-95.
- Mutoh, T.A, Nakagawa, S., Noda, M., Shiinoki, Y. y Matsamura, Y. (2001). Relationship between characteristics of oil droplets and solidification of thermally treated creams. *Journal of American Oil of Chemists' Society*, **78**, 177-183.
- Rhydag, L. y Wilton, I. (1981). The function of phospholipids of soybean lecithin in emulsions. *Journal of American Oil of Chemists' Society*, **58**, 830-837.
- Segall, K.I. y Goff, H.D (2002). Secondary adsorption of milk proteins form the continuous phase to the oil-water interface in dairy emulsions. *International Dairy Journal*, **12**, 889-897.
- van Nieuwenhuyzen, W. y Szuhaj, B. (1998). Effect of lecithins and proteins on the stability of emulsions. *Fett/Lipid*, **100**, 282-291.

Recibido: Noviembre 2003
Aceptado: Noviembre 2004