

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE UNA EMULSIÓN MÚLTIPLE CON LA FASE ACUOSA EXTERNA GELADA SOBRE LAS PROPIEDADES VISCOELÁSTICAS DE UN PRODUCTO LÁCTEO FERMENTADO BAJO EN GRASA

Ruíz Garzón R., García Nava E., Maldonado Fuentes C., Vernon-Carter E.J., Román-Guerrero A.*

Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, Departamento de Ingeniería de Procesos e Hidráulica y Departamento de Biotecnología. Av. San Rafael Atlixco No. 186 Col. Vicentina, C.P. 09340, Del. Iztapalapa, México, D.F., México. *arogue@xanum.uam.mx

RESUMEN

El objetivo de este trabajo consistió en el diseño de un sistema disperso basado en una emulsión múltiple con la fase externa gelada (EMG), conteniendo compuestos antioxidantes (CB) lipo e hidrofílicos, para su aplicación en un producto lácteo fermentado (PLF) bajo en grasa y la evaluación de su adición sobre las propiedades viscoelásticas del PLF. El uso de las proteínas del suero de leche permitió obtener EM y con altas eficiencias de encapsulación de CB, debido a su capacidad emulsionante y para formar estructuras tipo-gel debido a su desnaturalización por ultrasonido, proveyendo mayor estabilidad a la EM y mejor comportamiento viscoelástico ($Tan \delta > 1$). La adición de la EMG en los PLF mostró una mejora en la estructuración de los sistemas bajos en grasa, permitiendo mimetizar el comportamiento viscoelástico no sólo de los PLF completos en grasa, sino además de un yogur comercial completo en grasa. Por lo que el uso potencial de EMG en alimentos ofrece la ventaja de proveer al consumidor un producto multifuncional con alto contenido proteico, bajo contenido de grasa, compuestos antioxidantes lipo e hidrofílicos y con una percepción de textura semejante a la de uno completo en grasa.

ABSTRACT

The objective of this work consisted in the design a dispersed system based on a gelled outer phase multiple emulsion (EMG), containing antioxidant compounds (CB) lipo- and hydrophilic, for its application into a low-fat fermented milk product (PLF) and the evaluation of PLF's viscoelastic properties. The use of whey proteins allowed obtaining EM with high CB encapsulation efficiencies, mainly due to their capability as emulsifier and as gel-like former caused by their denaturation by ultrasound application, providing better stability to EM and better viscoelastic behavior ($Tan \delta > 1$). Addition of EMG into PLF made with skim milk showed an improvement on the low-fat systems structuring, allowing to mimesis the viscoelastic behavior not only for a full-fat PLF, but also for a full-fat commercial yogurt. Therefore, the potential use of the EMG in food offer the advantage for providing to consumers a multifunctional product since its high protein content, low fat content, lipo and hydrophilic antioxidants and with a similar texture perception to that for a full-fat product.

Palabras clave: Emulsiones dobles, emulgel, producto lácteo fermentado bajo en grasa.

Área: Alimentos funcionales

INTRODUCCIÓN

El consumo anual de yogur en México asciende a 625.3 millones de toneladas (10,782 millones de pesos), con una tendencia a la alza (INEGI, 2012). No obstante, el presunto efecto hipercolesterolémico de la grasa láctea ha llevado al incremento en la demanda de los consumidores por productos reducidos en grasa con la finalidad de reducir el riesgo de padecer enfermedades coronarias, como una de las principales causas de muerte en México. Este tipo de productos bajos en grasa normalmente presentan propiedades sensoriales menos agradables que aquellos completos en grasa, debido principalmente a la falta de textura debida a la eliminación de la fracción lipídica. Una manera de contrarrestar estos inconvenientes es mediante el uso de sustitutos de grasa que sean capaces de mimetizar la funcionalidad de la grasa láctea, que posean propiedades funcionales que contribuyan a mantener y/o mejorar las características sensoriales y estructurales de los productos lácteos con un aporte calórico reducido. Sin embargo algunos de estos sustitutos de grasa pueden presentar interacciones deletéreas con los componentes propios de la matriz láctea que no permiten lograr su propósito. Por otra parte, la fracción lipídica en los lácteos generalmente se encuentra en forma de emulsiones de tipo aceite-en-agua (O/W) estabilizadas mediante las proteínas propias de la leche, recientemente la incursión de emulsiones dobles de tipo agua-en-aceite-en-agua ($W_1/O/W_2$) como sustitutos de grasa en productos lácteos se ha considerado como una alternativa potencial para la reducción de la fracción lipídica, debido a que estos sistemas contienen una fracción acuosa interna que reduce efectivamente la fracción másica de grasa equivalente en las emulsiones O/W (Lobato-Calleros, et al., 2006); con la ventaja de sustituir parcial o totalmente las grasas saturadas por aceites vegetales poliinsaturados, permitiendo la incorporación, protección y liberación controlada de compuestos bioactivos hidro y liposolubles benéficos para la salud (Rodríguez-Huezo et al., 2004; Pawlik et al., 2010; Jiménez-Colmenero, 2013). Debido a que algunos sistemas basados en emulsiones múltiples no logran mimetizar la textura del producto final, una forma de mejorar la estructuración de un producto lácteo sin sacrificar sus propiedades sensoriales y provistas de compuestos bioactivos, es mediante el uso de una emulsión gelada, comúnmente denominados emulgeles, estos combinan las propiedades funcionales de una emulsión y de un gel (Singla et al., 2012). Dado que durante la formulación de los productos lácteos reducidos en grasa se busca reforzar la red proteica para promover la estructura del producto final, el aprovechamiento de proteínas presentes en el suero de leche, actualmente considerado como un subproducto de desecho de la industria quesera, ha demostrado mejorar las características sensoriales

de productos lácteos fermentados respecto a aquellos en los que se emplea solo caseína (Kalab, 1985), ya que disminuyen la sinéresis de los productos y mejoran la estabilidad de los productos debido al incremento en la viscosidad del sistema (Lobato-Calleros et al., 2004). Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar las propiedades reológicas de un lácteo fermentado hecho mediante la sustitución de la grasa láctea por un emulgel basado en una emulsión múltiple $W_1/O/W_2$ conteniendo flavonoides de té verde y alfa tocoferol como bioactivos hidro- y lipofílicos respectivamente, utilizando concentrado de proteína de suero de leche (WPC) como agente estabilizante de la emulsión y precursor de la estructura tipo-gel, así como su estabilidad en el tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El concentrado de proteína de suero de leche (WPC, Hilmar 8000) con 80% proteína en base seca fue comprado a Hilmar Ingredients (Hilmar, CA. E.U.A). El aceite de soya, la leche entera y la leche descremada en polvo (Nido®) fueron comprados en un mercado local en la zona metropolitana de la Ciudad de México. Se utilizó éster de poliglicerol de ácido ricinoleico interesterificado (Grindsted PGPR 90; Gr) y éster del ácido diacetil tartárico de mono-diglicéridos (Panodan SDK, Pan) como tensoactivos lipo- e hidrofílico respectivamente (Danisco México S.A. de C.V.). Los compuestos bioactivos fueron comprados como concentrados de té verde y de α -tocoferol (Grupo Nutramex, México). Todos los reactivos y solventes utilizados fueron grado reactivo. En todos los casos se utilizó agua desionizada.

Preparación de la emulsión simple

Las emulsiones simples (W_1/O) tuvieron una fracción másica de fase dispersa de 0.5, la fase dispersa (W_1) consistió de una solución concentrada de extracto de té verde ($3.89 \text{ mg}_{\text{flavonoides}}/\text{g}_{W_1}$), la cual fue adicionada gota a gota a la fase oleosa (O), compuesta del de aceite de soya con una mezcla de Gr:Pan en una relación 6:4 a una concentración total de del 8% (p/p) y el α -tocoferol ($3.2 \text{ mg}/\text{g}_{\text{aceite}}$). La homogenización se realizó en un Ultraturrax T25 (IKA, E.U.A) a 4800 rpm por 5 min en un baño de hielo.

Establecimiento de las condiciones preliminares para la formación de las emulsiones múltiples

Veinticinco gramos de solución de WPC al 20 o 25% (p/p) fueron sometidos a un proceso de sonicación en un UP400S (Hielscher, USA) a una amplitud de 80% y 20kHz de frecuencia durante 10, 15 o 20 min respectivamente, con la finalidad de obtener una estructura tipo gel. Los geles formados fueron evaluados respecto a sus propiedades viscoelásticas en un reómetro MCR 300 (Paar Physica Mebtechnik GmbH, Stuttgart, Alemania), aplicándoles un barrido de frecuencia 0.1-100 Hz a una deformación del 1%,

determinando la relación de los módulos de almacenamiento (G') y pérdida (G'') y reportando como $\tan \delta$

Preparación del emulgel ($W_1/O/W_2$)

La cantidad necesaria de emulsión primaria (W_1/O) para obtener una fracción másica de fase dispersa de 0.2 fue re-emulsionada en una solución de WPC agregándola gota a gota y mezclando mediante ultrasonido a un 80% de amplitud y 20kHz de frecuencia durante 10 min, hasta la obtención del gel de proteína.

Caracterización de las emulsiones

El diámetro de las gotas de las emulsiones simples (W_1/O) se determinó mediante microscopía óptica, utilizando un microscopio óptico Olympus BX45 (Olympus, China) con una magnificación de 100X acoplado a una cámara fotográfica DIGITAL SLR Olympus E-620 (Olympus, China). Las micrografías fueron analizadas mediante un software especializado Motic Images Advanced 3.2 (Olympus Master 2). La distribución de tamaño de gota de las emulsiones fue obtenida mediante la obtención de un gráfico de frecuencia y mediante un análisis de varianza se determinó el diámetro $D_{1,0}$ promedio de la distribución.

Preparación del producto lácteo fermentado (PLF) con y sin el emulgel

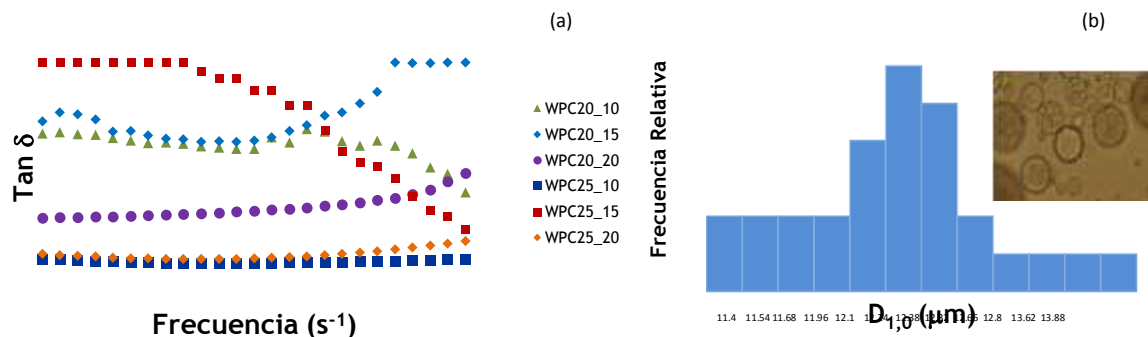
Diez gramos de “búlgaros” se colocaron en el interior de un matraz Erlenmeyer de 1L previamente esterilizado en autoclave y con tapón de gasa. Posteriormente se agregaron 500 mL de leche (entera (E) o descremada (D)) reconstituida y pasteurizada. La mezcla resultante se dejó reposar a temperatura ambiente ($\sim 25^\circ\text{C}$) durante 36 h, y finalmente el producto de la fermentación fue filtrado y almacenado en refrigeración hasta su uso. Cuarenta gramos del fermentado lácteo (PLFE, PLFD) se mezclaron con 10 g de emulgel, la mezcla se agitó suavemente para evitar romper la estructura de ambos sistemas (PLFD_E y PLFE_E) y se dejó reposar en refrigeración mínimo 1 h antes de su caracterización.

Caracterización reológica de los PLF

Se realizó el análisis del comportamiento viscoelástico de los fermentados lácteos hechos con leche entera y descremada, y aquellos conteniendo el emulgel con los bioactivos entrampados. Los módulos de almacenamiento y pérdida se obtuvieron al someter la muestra a un barrido de frecuencia ($0.1-100 \text{ s}^{-1}$) y deformación del 1%. Todos los resultados derivados de la caracterización de los productos lácteos fermentados fueron comparados con muestras control que no contenían emulgel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las emulsiones primarias presentaron una tendencia a la monodispersidad con un $D_{1,0}$ de $1.94 \pm 0.44 \mu\text{m}$. Estas emulsiones fueron estables durante tres meses, sin presencia de separación de fases ni cambio significativo ($p < 0.05$) de tamaño durante el almacenamiento. Se encontraron eficiencias de encapsulación de la fase dispersa del 90%. Por otra parte, los estudios preliminares para la formación del emulgel demostraron que las mejores condiciones bajo las cuales es posible obtener una estructura tipo-gel debida a la desnaturalización de las proteínas del suero de leche fueron al utilizar una solución al 20% (p/v) y sonicación durante 10 min (WPC20_10). Dicha decisión se basó en que el perfil de $\text{Tan } \delta$ para esta muestra fue el más alto respecto a los otros tratamientos (Figura 1a), indicando una estructura mejor conformada y con mayor resistencia a la deformación, propiedades que pueden ser aprovechadas como agente de textura en los productos lácteos fermentados. Debido a lo anterior y bajo dichas condiciones se procedió a realizar la elaboración de la emulsión múltiple con la fase acuosa externa gelada. La figura 1b muestra la curva de distribución de tamaño de gota para el glóbulo externo de la emulsión, donde se puede observar la presencia de una emulsión homogénea con $D_{1,0}$ de $12.38 \pm 0.77 \mu\text{m}$. En la figura 1c se puede observar que la adición del emulgel mejora considerablemente las propiedades viscoelásticas del PLFD, al presentar valores de $\text{Tan } \delta$ mayores. Cabe mencionar que a partir de la comparación de las propiedades viscoelásticas de PLFE y PLFD_E, ambos sistemas no presentaron diferencia respecto a las exhibidas por un yogur comercial (Figura 1d), por lo que es posible realizar la incorporación de una emulsión múltiple que contenga compuestos bioactivos de diferente naturaleza química, para reducir la fracción lipídica y así contribuir a la disminución de padecimientos asociados al síndrome metabólico, con beneficios a la salud del consumidor debido a la composición y funcionalidad del sistema, así como su capacidad de mimetizar las características estructurales de un sistema completo en grasa y de un producto comercial.



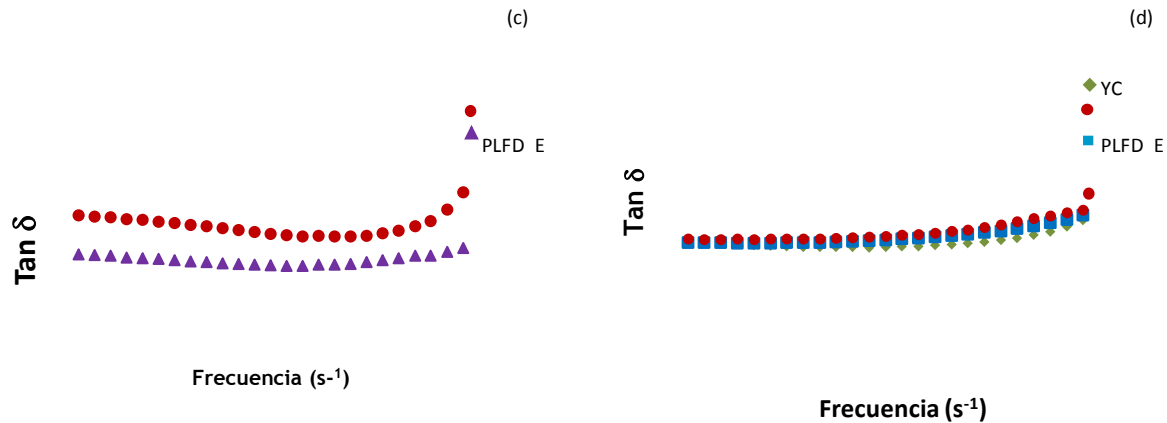


Figura 2. a) Curvas de $\tan \delta$ para las diferentes condiciones preliminares de WPC como agente estabilizante en $W_1/O/W_2$, b) Curva de distribución de tamaño de gota para el emulgel, c) Curvas de $\tan \delta$ de un PLFD con y sin adición de emulgel, d) Curvas de $\tan \delta$ para PLF bajo en grasa adicionados del emulgel, PLF entero en grasa y un yogur comercial (YC).

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a PROMEP por el apoyo brindado a través del proyecto con número de oficio de la carta de liberación PROMEP/103.3/13/6732, para la realización del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Jiménez-Colmenero F. 2013. Potential applications of multiple emulsions in the development of healthy and functional foods. *Food Research International*, 52:64-74.
- Kalab M. 1985. Microstructure of dairy foods. 2. Milk products based on fat. *Journal of Dairy Science*, 68:3234–3248.
- Lobato-Calleros C, Rodriguez E, Sandoval-Castilla O, Vernon-Carter EJ, Alvarez-Ramirez J. 2006. Reduced-fat White fresh cheese-like products obtained from $W_1/O/W_2$ multiple emulsions: Viscoelastic and high-resolution analyses. *Food Research International*, 39: 678-685.
- Pawlik A, Cox PW, Norton T. 2010. Food grade duplex emulsions designed and stabilised with different osmotic pressures. *Journal of Colloid and Interface Science*, 352:59-67.

Sandoval-Castilla O, Lobato-Calleros C, Aguirre-Mandujano E, Vernon-Carter EJ. 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. *International Dairy Journal*. 14: 151-159.