



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



**EMPLEO DE DISTINTOS ESTABILIZANTES Y
PROCEDIMIENTOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD Y
VIDA ÚTIL DE MAYONESAS**

Pere Morell Esteve

Máster en Gestión y Seguridad Alimentaria

Directora: Isabel Hernando Hernando

Centro: Departamento de Tecnología de Alimentos

EMPLEO DE DISTINTOS ESTABILIZANTES Y PROCEDIMIENTOS PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD Y VIDA ÚTIL DE MAYONESAS

P. Morell, I. Hernando¹

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es estudiar la estabilidad de mayonesa, elaborada con distintos estabilizantes (goma xantana y mezcla de goma xantana y guar) y obtenida mediante dos procedimientos distintos (thermomix y molino coloidal). La estabilidad de las salsas se estudia determinando la viscosidad, la sinéresis y la microestructura a lo largo de 12 semanas de almacenamiento, a 20 y 40°C de temperatura. Los resultados muestran que en las salsas almacenadas a 20°C, el uso combinado de xantana-guar y molino coloidal permite obtener mayonesas más estables a lo largo de un periodo de almacenamiento de 3 meses, con un menor aumento del tamaño de los glóbulos de grasa y mayor viscosidad. En las mayonesas almacenadas a 40°C, si se usa como estabilizante la combinación de gomas xantana y guar, cualquiera de los dos métodos de elaboración proporciona una estabilidad adecuada a lo largo del almacenamiento. Para ambas temperaturas de almacenamiento, si se emplea goma xantana como estabilizante, se recomienda elaborar las mayonesas con molino coloidal, obteniendo así salsas con mayor viscosidad. Los valores de sinéresis se mantienen prácticamente estables independientemente del procedimiento y estabilizante empleado.

PALABRAS CLAVE: mayonesa, estabilidad, vida útil, thermomix, molino coloidal, goma xantana, goma guar, envejecimiento acelerado

RESUM

L'objectiu d'aquest treball és estudiar l'estabilitat de maionesa, elaborada amb diferents estabilitzants (goma xantana i barreja de goma xantana i guar) i obtinguda mitjançant dos procediments diferents (thermomix i molí col·loïdal). L'estabilitat de les salses s'estudia determinant la viscositat, la sinèresi i la microestructura al llarg de 12 setmanes d'emmagatzematge, a 20 i 40°C de temperatura. Els resultats mostren que en les salses emmagatzemades a 20°C, l'ús combinat de xantana i guar i el molí col·loïdal permet obtenir maioneses més estables al llarg d'un període d'emmagatzematge de 3 mesos, amb un menor augment de la mida dels glòbuls de greix i major viscositat. En les maioneses emmagatzemades a 40°C, si es fa servir com estabilitzant la combinació de gomes xantana i guar, qualsevol dels dos mètodes d'elaboració proporciona una estabilitat adequada al llarg de l'emmagatzematge. Per ambdues temperatures

¹ Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera s/n 46022, Valencia (España).

d'emmagatzematge, si s'empra goma xantana com estabilitzant, es recomana elaborar les maioneses amb molí col·loïdal, obtenint així salses amb major viscositat. Els valors de sinèresi es mantenen pràcticament estables independentment del procediment i estabilitzant emprat.

PARAULES CLAU: maionesa, estabilitat, vida útil, thermomix, molí col·loïdal, goma xantana, goma guar, envelliment accelerat

ABSTRACT

The aim of this work is to study the stability of mayonnaise, made with different stabilizers (xanthan gum and xanthan and guar gum mixture) and obtained by two different procedures (thermomix and colloid mill). The stability of the sauces is studied by determining the viscosity, syneresis and microstructure throughout 12 weeks of storage at 20 and 40°C temperature. The results show that in sauces stored at 20°C, the combined use of xanthan-guar and colloid mill allows obtaining a stable mayonnaise during a storage period of 3 months, with a low increase in size of the fat globules and high viscosity. In mayonnaises stored at 40°C, if the combination of xanthan and guar gums is used as stabilizer, either processing methods provide adequate stability during storage. If xanthan gum is used as a stabilizer, the preparation of the mayonnaises with colloid mill is recommended, thus obtaining higher viscosity. Syneresis values remained almost unchanged regardless of the procedure and stabilizer used.

KEYWORDS: mayonnaise, stability, shelf life, thermomix, colloid mill, xanthan gum, guar gum, accelerated ageing

INTRODUCCIÓN

La mayonesa es probablemente una de las salsas o condimentos más ampliamente utilizados actualmente en el mundo. Consiste en una emulsión semi-sólida de aceite en agua, a pesar de contener entre un 70-80% de grasa. Sus principales componentes son aceite vegetal, vinagre, sal, saborizantes, edulcorantes y yema de huevo como emulsionante. La cuidadosa mezcla de sus ingredientes y la adición de componentes menores ayudan a mantener estrechamente empaquetada la matriz de gotas de aceite (Harrison & Cunningham, 1985; Depree & Savage, 1991).

A pesar de las preocupaciones por su contenido en colesterol, la yema de huevo sigue siendo el agente más comúnmente utilizado como emulsionante debido a sus excelentes cualidades tanto para la formación de la emulsión como por la forma en que las emulsiones hechas con yema de huevo flocculan hasta conseguir la textura correcta. Contiene una mezcla compleja de componentes, incluyendo lecitina, proteínas y lipoproteínas (Langton et al., 1998). Es sabido que los componentes de la yema de huevo se combinan para formar una membrana alrededor de las gotas de grasa en la cual las apolipoproteínas de la yema forman interacciones hidrófobas con triglicéridos saturados de cadena larga de la fase oleosa (Kiosseoglou & Sherman, 1983).

La grasa posee una influencia especial en las propiedades reológicas y en las características sensoriales de los alimentos tales como sabor, sensación en boca y textura (Mun et al., 2009). La distribución de la fase dispersa en la emulsión tiene un gran impacto sobre la estabilidad y la textura del producto. También el tamaño de las gotas, la cantidad de cristales de grasa, así como la interacción entre las gotas, etc. influyen en las propiedades del producto. Con el fin de controlar sus propiedades, factores tales como la cantidad y distribución de emulsionante, el tamaño de las gotas y la viscosidad de la fase acuosa son parámetros importantes en la producción de mayonesa.

Cuando la mayonesa se almacena a temperaturas elevadas, se producen aumentos en el movimiento browniano de las gotas, disminuye la viscosidad de la fase continua, y se produce la solubilización de los tensioactivos, lo que contribuirá a la ruptura de la emulsión.

La estabilidad de una emulsión puede ser evaluada, como medida indirecta y entre otros parámetros, mediante el sometimiento de la muestra a un proceso de centrifugación y observando posteriormente la separación de fases y desestabilización que se alcanza en dicha emulsión. El proceso de centrifugación a elevada velocidad se considera suficiente para provocar la separación de las gotas de aceite y la fase acuosa de la misma (Groves et al., 1985; Férézou et al., 1994). Existen otros métodos para evaluar la estabilidad de una emulsión; unos basados en el almacenamiento a elevada temperatura (Harrison & Cunningham, 1986), otros miden el grado de formación de crema tras dilución de la mayonesa (Harrison & Cunningham, 1985). Estos métodos dan una cierta idea de la estabilidad relativa de las diferentes emulsiones que se forman al elaborar mayonesa (Depree & Savage, 1991).

Una posibilidad para aumentar la estabilidad de la mayonesa es la de aumentar la viscosidad de la fase continua, y existen varios productos con este propósito como proteínas, dextrinas y gomas (McClements & Demetriades, 1998). Gran parte de la particular sensación en boca de la mayonesa deriva de su estructura como una red de gotas de aceite, por ello es importante que el agente gelificante utilizado forme un gel lo suficientemente fuerte como para estabilizar el producto, pero sin crear una textura desagradable (McClements & Demetriades, 1998). Tanaka y Fukuda (1976) demostraron como el uso de goma xantana permitía la obtención de gotas de aceite de menor tamaño y, por tanto, emulsiones más estables, durante el almacenamiento de la mayonesa en condiciones de envejecimiento acelerado.

Generalmente, no es fácil medir el tamaño de las gotas en una emulsión. Un método adecuado, sin necesidad de diluir la mayonesa, consiste en su determinación por medio de microscopía confocal (Dalgleish, 1996). El tamaño de las gotas varía en función del producto y dicho tamaño también puede variar dentro del mismo producto. El tamaño de las gotas también se ve afectado por el equipo responsable de realizar la emulsión, así como por la viscosidad de la fase acuosa (Dalgleish, 1996; Stauffer, 1996). Para la elaboración de mayonesa puede emplearse molinos coloidales (Dalgleish, 1996; Stauffer, 1996). El uso de un molino coloidal para la fabricación de mayonesa permite la rotura del aceite en gotas, por medio de la tensión impuesta a la mezcla de aceite, agua y tensioactivo, cuando esta pasa a través de un espacio estrecho entre el rotor y el estator (Dalgleish, 1996; Stauffer, 1996).

La comprensión de los procesos físicos y químicos implicados en la formación de emulsiones ha permitido optimizar la fabricación de mayonesa, que actualmente es mucho más estable durante un almacenamiento a largo plazo (Depree & Savage, 1991). La investigación en este campo permite conseguir productos más estables, de mejor calidad, y con mayor aceptación por parte del consumidor.

El objetivo de este trabajo es estudiar la estabilidad de una salsa mayonesa, elaborada con dos estabilizantes distintos (goma xantana y goma guar), usando diferente proporción de los mismos. Las salsas se elaboran por dos procedimientos distintos (thermomix y thermomix seguido de molino coloidal), y se almacenan a diferentes temperaturas, 20°C (temperatura ambiente) y 40°C (con el fin de simular condiciones de envejecimiento acelerado). La estabilidad de las mayonesas se estudia determinando viscosidad, sinéresis y calculando el tamaño de glóbulo, valorando dichos parámetros a lo largo de 12 semanas de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ingredientes

Los ingredientes de la mayonesa fueron: aceite de oliva 0,4^o (65% p/p) (Aceites del Sur, Coosur S.A., Jaén, España), agua mineral natural (21% p/p) (Manantial Monte Pinos, Almazán, Soria, España), yema de huevo (6% p/p) (Huevos Monteverde, Sinarcas, Valencia), vinagre (4,3% p/p) (GABESA Gallega de Bebidas S.A., Arteixo, A Coruña, España), sal refinada seca (1% p/p) (Torremar S.A., Cartagena, Murcia, España), azúcar (1,1% p/p) (Azucarera del Ebro, Madrid, España), almidón de maíz (1,5% p/p) (Brenntag Química S.A., Dos Hermanas, Sevilla, España), goma guar (0,5% p/p) (GRINSTED® Guar Easy, DANISCO Gums and Systems Division, DuPont, Netherlands), y goma xantana (0,5 y 1% p/p) (GRINSTED® Xanthan Supra, DANISCO Gums and Systems Division, DuPont, Netherlands).

Preparación de muestras

Se prepararon dos formulaciones de mayonesa manteniendo la misma cantidad de todos los ingredientes excepto de goma xantana y goma guar: en una formulación se usó una combinación de goma xantana y goma guar a partes iguales (0,5 y 0,5% p/p respectivamente), y en una segunda formulación sólo goma xantana (1% p/p).

En primer lugar se realizó una primera elaboración de mayonesa para la cual se empleó un robot de cocina thermomix TM 31 (Wuppertal, Alemania). Para ello, se introdujeron todos los ingredientes excepto el aceite de oliva en el robot de cocina o thermomix, y se mezclaron los ingredientes, con una velocidad de 1100 rpm y una duración de 10 segundos. Luego se mantuvo esta velocidad y se añadió el aceite lentamente durante 7 minutos. Una vez transcurrido este tiempo se aumentó la velocidad hasta 2000 rpm y se realizó una homogenización final de la salsa durante 3 minutos.

El segundo procedimiento, en el que se empleó el molino coloidal, se realizó de idéntica manera al primer procedimiento, con idénticos tiempos y cantidades; pero una vez elaborada la mayonesa con la thermomix, ésta se pasó a través de un molino coloidal (FrymaKoruma toothed colloid mill MZ 50, Neuenburg, Alemania). La versión estándar de este equipo posee la capacidad de ajustar el hueco entre el rotor y el estator, pudiendo ajustar perfectamente la apertura y forzando a pasar la salsa a través de este hueco, provocando así la separación de las gotas de aceite en gotas presumiblemente más pequeñas y que le conferirían mejor estabilidad a la muestra que la realizada sólo mediante el procedimiento de thermomix.

La mitad de las muestras obtenidas por ambos procedimientos se almacenaron en una cámara a 20°C, y la otra mitad en una cámara a 40°C, simulando un envejecimiento acelerado.

Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM)

La caracterización de la microestructura se llevó a cabo con la técnica de Microscopía Láser Confocal de Barrido (CLSM) (Microscopio confocal Nikon C1 adaptado a un microscopio óptico Nikon Eclipse E800, Nikon Co., Ltd., Tokyo, Japón) con un láser de Ar con una longitud de onda de excitación máxima ($\lambda_{ex\ máx}$) de 488 nm. Se colocó una pequeña cantidad de la muestra en el portaobjetos, se tiñó con Nile Red (0.1 g/L en PEG 200), y con Rodamina B (0,2 g/L en agua), se cubrió con un cubreobjetos y se visualizó con el objetivo de aceite de inmersión (100x). El tamaño de imagen que se utilizó fue de 1024 x 1024 píxeles (píxel = 0.48 μ m). El Nile Red tiene una $\lambda_{em\ máx}$ de 488 nm y una longitud de onda de emisión máxima ($\lambda_{em\ máx}$) de 515/30 nm y se utiliza como agente de tinción para grasa. La Rodamina B tiene una $\lambda_{ex\ máx}$ 488 nm y una emisión máxima ($\lambda_{em\ máx}$) de 580 nm. Este fluorocromo se utiliza para teñir proteínas y carbohidratos.

Análisis de imagen

Las imágenes obtenidas por CLSM se analizaron mediante el software ImageJ (Rasband, W.S., ImageJ v. 1.43s, National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA) para determinar el tamaño, el área de los glóbulos de grasa. Se analizaron todos los glóbulos de grasa existentes en 3 imágenes representativas de cada muestra.

Viscosidad

La viscosidad aparente (η) de las muestras se determinó mediante un viscosímetro Haake viscotester 6 R Plus de Thermo Scientific (Waltham, MA, USA), equipado con un husillo R5 con una velocidad de giro de 6 rpm. Tras esperar 300 segundos se anotaban 30 datos de viscosidad para realizar después los pertinentes análisis. Cada medida se determinó por duplicado.

Sinéresis

La sinéresis se determinó mediante centrifugación de 30 gramos de muestra en una centrífuga Sorvall Super T21 (DuPont Instrumental Giralt, Conn., USA) a 14500 rpm, 30 minutos, a 20°C. Tras la centrifugación se decantó y pesó el sobrenadante. Cada medida se determinó por duplicado. El porcentaje de sinéresis se determinó según la siguiente ecuación (ecuación 1):

$$\% \text{ sinéresis} = \frac{\text{Peso del sobrenadante (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \cdot 100 \quad (1)$$

Diseño experimental y análisis estadístico

Se empleó un diseño de experimentos multifactorial categórico con tres factores: procedimiento de elaboración, tipo de estabilizante y semana de

almacenamiento. El análisis estadístico de los resultados obtenidos se llevó a cabo mediante un análisis de la varianza (ANOVA). Se calcularon las diferencias mínimas significativas (LSD) con un nivel de significación $p < 0.05$. Para ello se empleó el programa estadístico Statgraphics Plus versión 5.1 (Manugistics, Inc., Rockville, MA, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estudio de vida útil a temperatura ambiente (20°C)

VISCOSIDAD

La viscosidad es un parámetro reológico directamente relacionado con la estructura de la salsa y con influencia sobre la estabilidad de la misma. En este estudio se evalúa la influencia de 3 factores, el procedimiento de elaboración de la mayonesa, el estabilizante empleado en la formulación de la salsa y la semana de almacenamiento sobre la viscosidad de la salsa cuando ésta se almacena a 20°C.

El análisis estadístico muestra que el factor estabilizante y la semana de almacenamiento, así como las interacciones de los 3 factores, afectan significativamente ($p < 0,05$) a la viscosidad. Por ese motivo, se analizan las interacciones entre los factores, los gráficos correspondientes se muestran en la Figura 1.

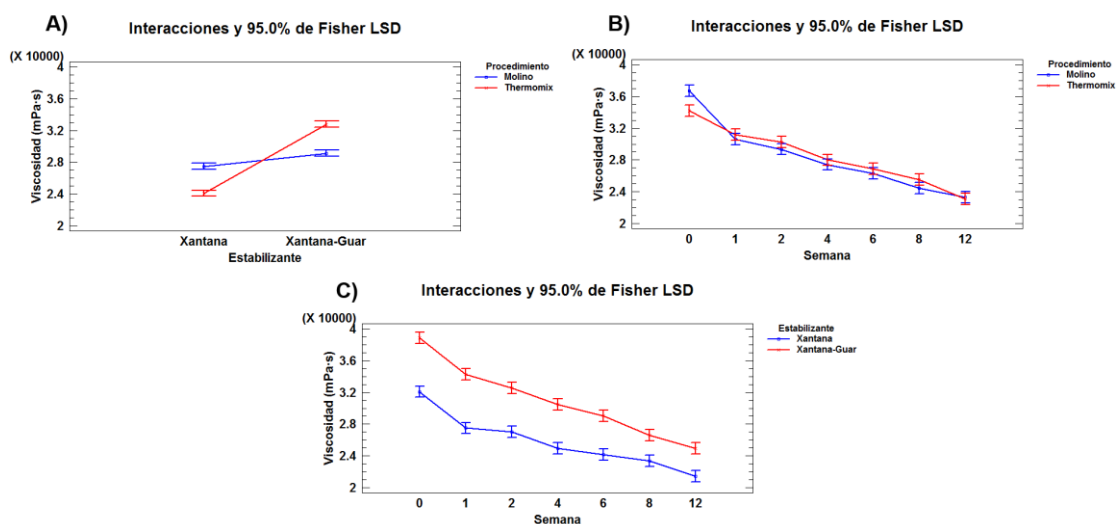


FIGURA 1. Gráficos de interacciones con intervalos LSD. A: interacción entre procedimiento de elaboración y estabilizante empleado. B: interacción entre procedimiento de elaboración y semana de almacenamiento. C: interacción entre estabilizante empleado y semana de almacenamiento a 20°C.

La Figura 1A muestra el gráfico de interacciones entre procedimiento de elaboración de la mayonesa y estabilizante empleado. Se observa que las muestras elaboradas con goma xantana presentan valores de viscosidad significativamente más bajos ($p < 0,05$) que las elaboradas con la mezcla xantana-guar. Además, las salsas elaboradas con xantana mediante molino coloidal tienen valores de viscosidad significativamente mayores ($p < 0,05$) que los elaborados con la thermomix. Sin embargo, en las salsas que llevan xantana-guar en su formulación, son las elaboradas con thermomix las que presentan valores de viscosidad significativamente más altos ($p < 0,05$). Del mismo modo se observa que las diferencias entre los estabilizantes dentro del mismo procedimiento son muchos más acusadas para la thermomix que

para el molino coloidal.

En la Figura 1B se observa la interacción entre el procedimiento de elaboración y la semana de almacenamiento. La viscosidad disminuye a lo largo de las semanas para ambos procedimientos. En el gráfico se observa que en la semana 0 la muestra elaborada mediante molino coloidal es más viscosa, pero a partir de la primera semana no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de viscosidad de las muestras obtenidas por ambos procedimientos de elaboración a lo largo del almacenamiento.

En la Figura 1C se observa que para las muestras elaboradas con la mezcla xantana-guar, la viscosidad disminuye a lo largo de las semanas de almacenamiento. La viscosidad es significativamente menor ($p < 0,05$) para las muestras elaboradas con xantana respecto a las muestras elaboradas con xantana-guar en todas las semanas; sin embargo esta diferencia va siendo cada vez menor según pasan las semanas.

SINÉRESIS

La sinéresis es la pérdida de líquido debida a la contracción de un gel (Hawley y Lewis, 1993), en este caso, tras las condiciones de centrifugación impuestas a las mayonesas. Tras el análisis estadístico, se observa que las interacciones entre procedimiento de elaboración y estabilizante empleado y entre procedimiento de elaboración y semana de almacenamiento, afectan significativamente ($p < 0,05$) a los valores de sinéresis obtenidos. En la Figura 2 se muestran los gráficos correspondientes.

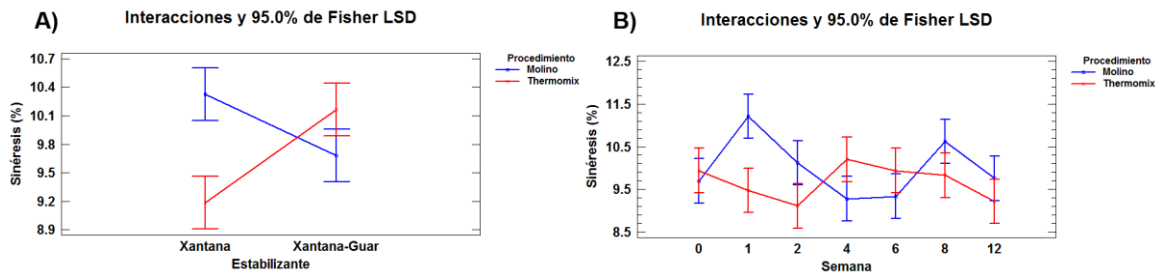


FIGURA 2. Gráficos de interacciones con intervalos LSD. A: interacción entre procedimiento de elaboración y estabilizante empleado en su elaboración. B: interacción entre procedimiento de elaboración y semana de almacenamiento.

En la Figura 2A se observa que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre los valores de sinéresis de las mayonesas elaboradas con xantana mediante los dos procedimientos de elaboración; la salsa elaborada con molino coloidal presenta unos valores de sinéresis significativamente mayores ($p < 0,05$) a la salsa realizada mediante la thermomix, sin embargo, las mayonesas elaboradas con la combinación de estabilizantes xantana-guar no presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre ambos procedimientos de elaboración.

En la mayonesas elaboradas con molino coloidal se observa que los valores de sinéresis obtenidos para la mayonesa elaborada con goma xantana en su formulación son significativamente mayores ($p < 0,05$) que para la mezcla xantana-guar. En la mayonesa elaborada con thermomix sucede al

contrario, los valores de sinéresis en las muestras de mayonesa elaboradas con xantana como estabilizante son significativamente menores ($p < 0,05$) que los valores obtenidos para las muestras de mayonesa elaboradas con xantana-guar.

En la Figura 2B, se observa que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de sinéresis obtenidos a lo largo de las distintas semanas de almacenamiento, excepto para la semana 1 en la que los valores obtenidos al emplear molino coloidal son significativamente mayores ($p < 0,05$) que al elaborar la mayonesa mediante thermomix.

MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL DE BARRIDO (CLSM)

La preparación de la muestra para su visualización por CLSM carece de laboriosos tratamientos, por lo que se altera mínimamente su estructura (Ferrando y Spiess, 2000). La Figura 5 presenta las micrografías obtenidas mediante CLSM de las muestras recién elaboradas, y las obtenidas tras las 12 semanas de almacenamiento.

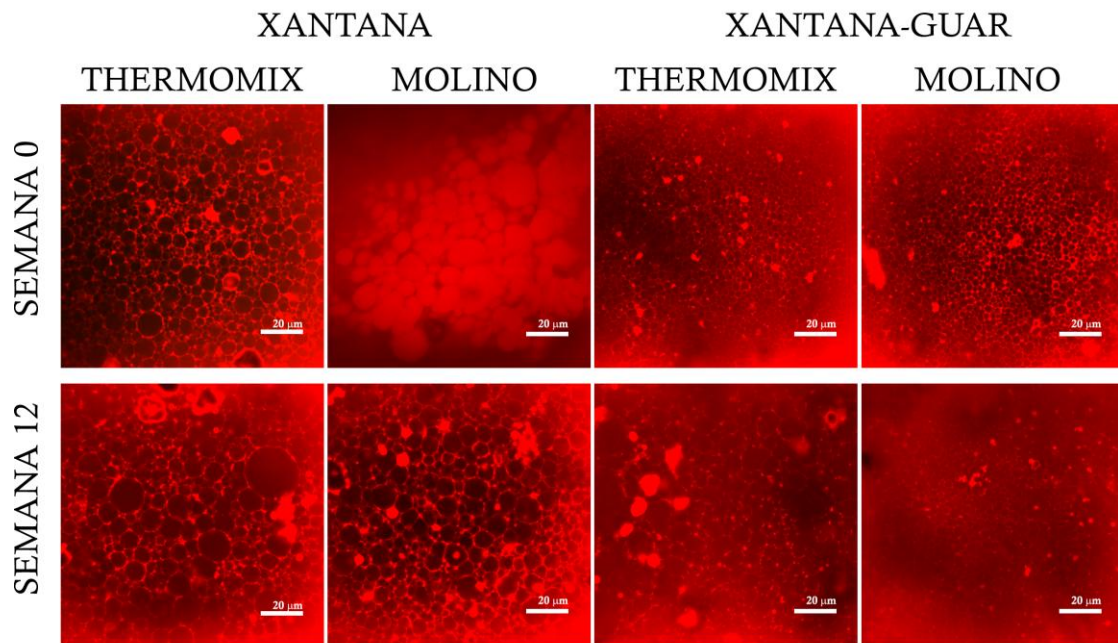


FIGURA 3. Microscopía láser confocal de barrido (CLSM). Muestras recién elaboradas (semana 0) y almacenadas durante 12 semanas a 20°C, elaboradas mediante thermomix y molino coloidal, con goma xantana y combinación de gomas xantana y guar. Magnificación 100x.

A partir de la figura se observa cómo los glóbulos de grasa obtenidos inicialmente en las preparaciones que contienen la combinación de ambas gomas presentan glóbulos más pequeños respecto a las formulaciones que poseen únicamente goma xantana. Asimismo, para ambas formulaciones de estabilizantes, se observa un aumento en el tamaño del glóbulo de grasa al cabo de las 12 semanas de almacenamiento, este aumento parece mayor para las salsas elaboradas con thermomix.

La importancia del tamaño del glóbulo de grasa en la estabilidad de la salsa se debe a que en una situación de alta concentración de glóbulos de

grasa, como es el caso de la mayonesa, existe mayor riesgo de coalescer como consecuencia de la unión de las gotas al encontrarse tan próximas entre ellas, por tanto se produce un aumento de tamaño del glóbulo que desestabiliza el sistema. En esta situación, con una gran concentración de fase dispersa, la protección del sistema contra la coalescencia mediante un aumento de la viscosidad de la fase continua contribuye a una minimización del movimiento de los glóbulos de grasa, de aquí la importancia del uso de un estabilizante adecuado (Muñoz et al., 2007). Por este motivo, las muestras de xantana-guar que proporcionan mayor viscosidad a las salsas, dan lugar a glóbulos más pequeños y mayonesas más estables, al proporcionar mayor viscosidad a la fase continua. Del mismo modo, el descenso de la viscosidad a lo largo del almacenamiento favorecería la coalescencia y por tanto el aumento del tamaño de los glóbulos de grasa.

ÁNÁLISIS DE IMAGEN

Con el objetivo de cuantificar la variación en el tamaño (área) de los glóbulos de grasa se realizó un análisis de imagen sobre las micrografías obtenidas mediante CLSM. Tras el análisis estadístico, tanto el factor estabilizante como la interacción entre procedimiento de elaboración y semana de almacenamiento afectan significativamente ($p < 0,05$) a la variable respuesta, en este caso, el área de los glóbulos de grasa. La Figura 4 muestra los gráficos resultantes.

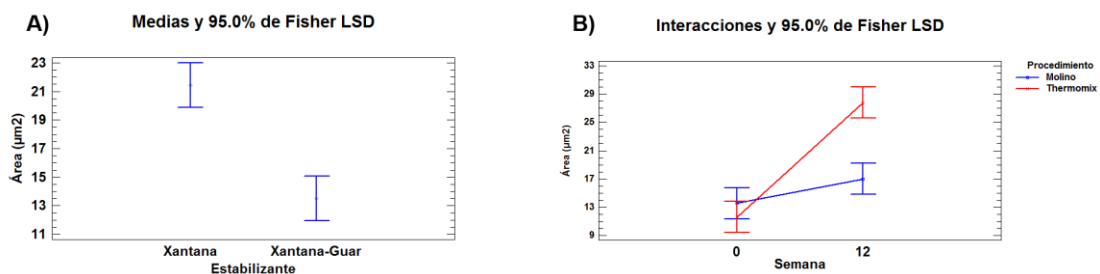


FIGURA 4. Gráficos de medias y de interacciones con intervalos LSD. A: medias para la variable respuesta área según estabilizante empleado en la formulación. B: interacción entre procedimiento de elaboración y semana de almacenamiento de la mayonesa a temperatura ambiente para la variable respuesta del área de los glóbulos de grasa.

Los datos obtenidos (Figura 4A) muestran que en las salsas elaboradas con goma xantana, el tamaño de los glóbulos es significativamente mayor ($p < 0,05$) al tamaño de los glóbulos obtenidos en las salsas elaboradas con la combinación de xantana y guar. La media del área de los glóbulos de grasa analizados en la mayonesa elaborada con goma xantana es de $21 \pm 6 \mu\text{m}^2$, mientras que la media del área de los glóbulos de grasa obtenida para la mayonesa elaborada con goma xantana y goma guar es de $14 \pm 8 \mu\text{m}^2$.

Por otra parte, como muestra la Figura 4B, las muestras de mayonesa obtenidas por ambos procedimientos no presentan diferencias significativas ($p > 0,05$) en los valores de área de los glóbulos de grasa en la semana 0 de almacenamiento, mientras que en la última semana de almacenamiento la salsa elaborada mediante thermomix posee valores de área significativamente mayores ($p < 0,05$) a los valores obtenidos para el procedimiento de molino coloidal. Asimismo en la Figura 4B se observa que,

las mayonesas elaboradas con thermomix poseen glóbulos de grasa con valores de área significativamente mayores ($p < 0,05$) en la semana 12 respecto a la semana 0 de almacenamiento, mientras que en las salsas elaboradas mediante molino coloidal no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de área obtenidos para ambas semanas de almacenamiento.

Estudio de vida útil en condiciones de envejecimiento acelerado (40°C)

VISCOSIDAD

Los estudios de vida útil acelerados consisten en incubar el alimento bajo condiciones controladas como la temperatura. Esta temperatura debe ser mayor a la de almacenamiento y a la de comercialización para permitir que las reacciones de deterioro se aceleren y se obtengan valores en periodos más cortos (Rodríguez, 2004). Por lo tanto, los resultados obtenidos son estimaciones de la vida útil del alimento (García y Molina, 2008).

Tras el análisis estadístico de los datos de viscosidad de las muestras almacenadas a 40°C, se observa que los 3 factores analizados a lo largo del estudio, procedimiento de elaboración de la mayonesa, estabilizante empleado y semana de almacenamiento, así como las interacciones de los 3 factores entre sí, afectan significativamente ($p < 0,05$) a la viscosidad. Por ese motivo, se analizan las interacciones entre todos los factores y los gráficos correspondientes se muestran en la Figura 5.

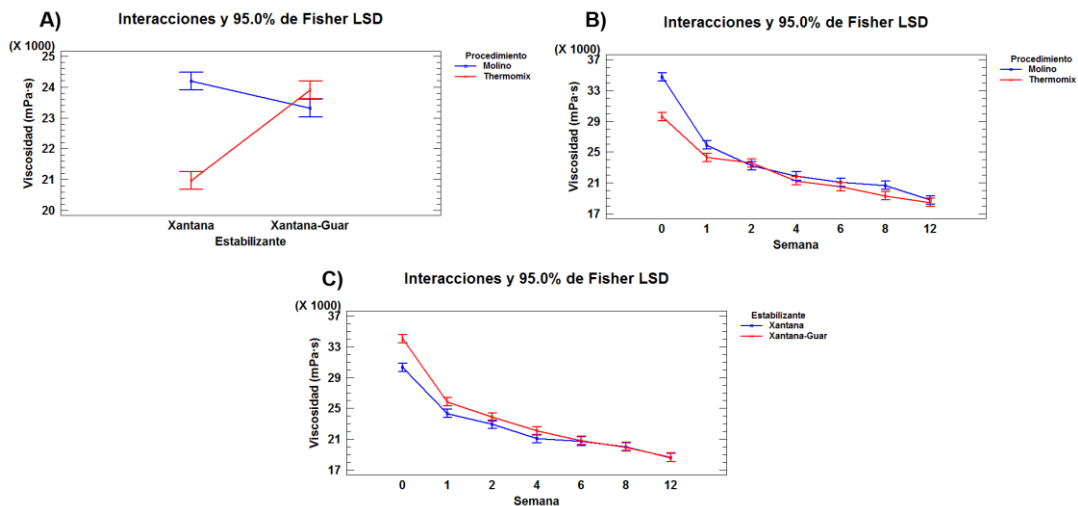


FIGURA 5. Gráficos de interacciones con intervalos LSD. A: interacción entre procedimiento de elaboración y estabilizante empleado. B: interacción entre procedimiento de elaboración y semana de almacenamiento a 40°C. C: interacción entre estabilizante empleado y semana de almacenamiento de estas muestras a 40°C.

La Figura 5A muestra que en las mayonesas elaboradas con goma con xantana los valores de viscosidad son significativamente mayores ($p < 0,05$) para las muestras elaboradas con molino coloidal, mientras que entre las mayonesas elaboradas con xantana-guar no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los valores de viscosidad obtenidos para ambos procedimientos. La diferencia entre ambos procedimientos para un mismo estabilizante es mucho más acusada para el caso de la goma xantana.

En la Figura 5B se observa la interacción entre el procedimiento de elaboración y la semana de almacenamiento. La viscosidad disminuye a lo largo de las semanas para ambos procedimientos. En el gráfico se observa que en la semana 0 y la semana 1 la muestra elaborada con molino coloidal es significativamente más viscosa ($p < 0,05$), para el resto de las semanas no

existen diferencias significativas ($p > 0,05$), excepto en la semana 8, en la que la diferencia de los valores de viscosidad obtenidos entre ambos procedimientos vuelve a ser significativamente mayor ($p < 0,05$) para la mayonesa elaborada mediante el molino coloidal.

La Figura 5C muestra como para ambos estabilizantes la viscosidad disminuye a lo largo de las semanas de almacenamiento. Los valores de viscosidad son significativamente menores ($p < 0,05$) para las muestras elaboradas con xantana respecto a las muestras elaboradas con xantana-guar en las semanas 0 y 1. Esta diferencia desaparece a partir de la segunda semana de almacenamiento.

SINÉRESIS

En el caso de las mayonesas almacenadas a 40°C, de acuerdo con los resultados obtenidos, se comprueba que el factor semana de almacenamiento, así como la interacción entre este factor y el procedimiento de elaboración afectan significativamente ($p < 0,05$) a los valores de sinéresis de las muestras de mayonesa. En la Figura 6 se muestra el gráfico de interacción entre ambos factores.

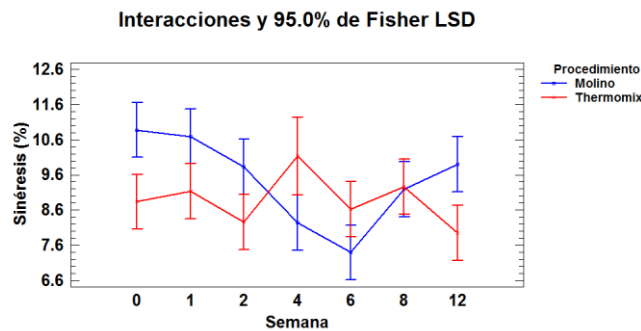


FIGURA 6. Gráfico de interacciones con intervalos LSD entre procedimiento de elaboración de la mayonesa y la semana de almacenamiento a 40°C.

En la Figura 6 se observa que no existen diferencias significativas ($p > 0,05$) para los valores de sinéresis entre ambos procedimientos de elaboración, excepto en las semanas 0 y 12 en las que los valores de sinéresis son significativamente mayores ($p < 0,05$) para las muestras de mayonesa elaboradas mediante molino coloidal.

MICROSCOPIA LÁSER CONFOCAL DE BARRIDO (CLSM)

La Figura 7 presenta las micrografías obtenidas mediante CLSM de las muestras de mayonesa recién elaboradas, y las obtenidas tras 12 semanas de almacenamiento a 40°C.

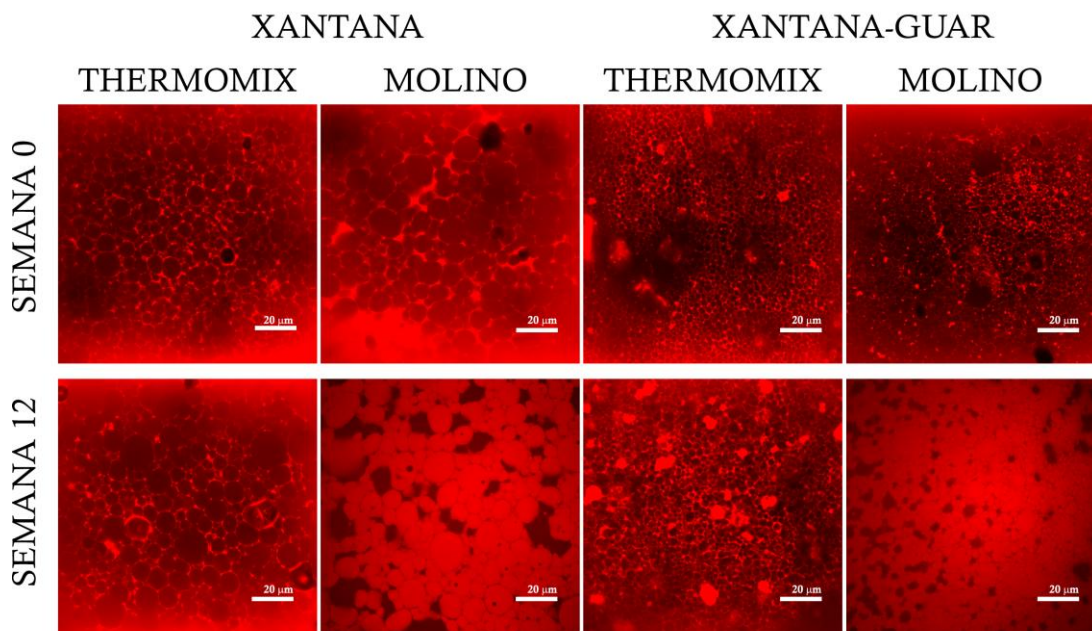


FIGURA 7. Microscopía láser confocal de barrido (CLSM). Muestras recién elaboradas (semana 0) y almacenadas durante 12 semanas a 40°C, elaboradas mediante thermomix y molino coloidal, con goma xantana y combinación de gomas xantana y guar. Magnificación 100x.

En la Figura 7 se observa cómo, de la misma forma que ocurría en el estudio a temperatura ambiente, los glóbulos de grasa obtenidos inicialmente en las preparaciones que contienen la combinación de ambas gomas presentan glóbulos más pequeños respecto a las formulaciones que poseen únicamente goma xantana.

Por último, a la vista de las micrografías se observa mayor coalescencia entre los glóbulos de grasa en las muestras elaboradas con molino coloidal que en las muestras elaboradas con thermomix tras 12 semanas de almacenamiento.

ÁNÁLISIS DE IMAGEN

Al realizar el análisis de imagen sobre las micrografías obtenidas mediante CLSM, se observa que no existen interacciones entre los tres factores, procedimiento de elaboración, estabilizante y semana de almacenamiento, por lo que en la Figura 8 se presentan las gráficas de medias de cada factor respecto a la variable respuesta estudiada, en este caso, el área del glóbulo de grasa.

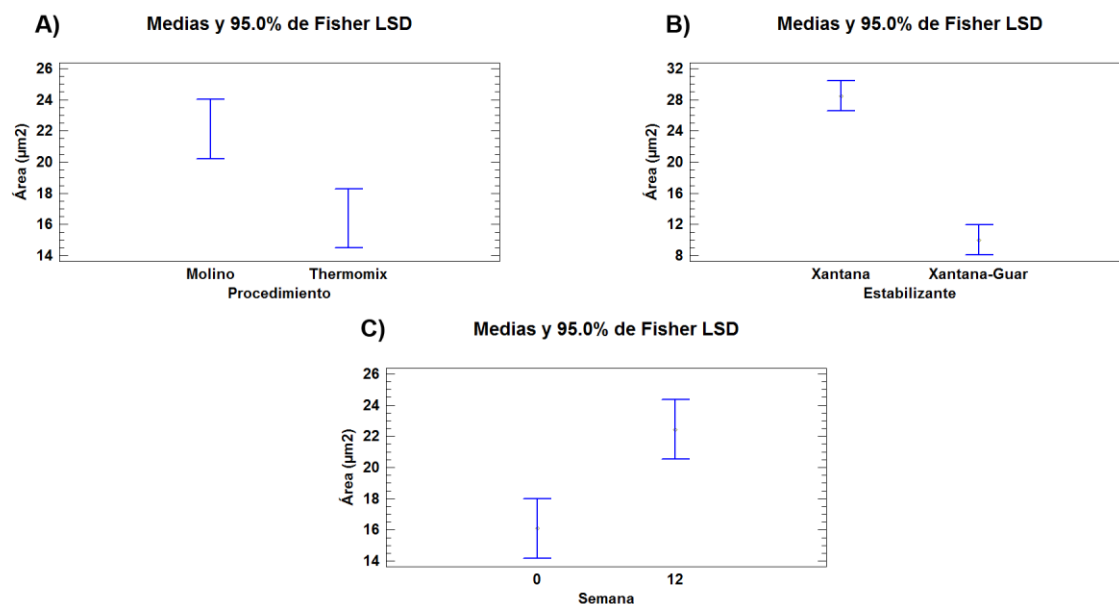


FIGURA 8. Gráficos de medias con intervalos LSD. A: medias para la variable respuesta área según procedimiento de elaboración empleado. B: medias para la variable respuesta área según estabilizante utilizado en la formulación. C: medias para la variable respuesta área según semana de almacenamiento a 40°C.

Como se observa en la Figura 8A, para las muestras almacenadas a 40°C simulando un envejecimiento acelerado, la media de las áreas de los glóbulos de grasa es significativamente menor ($p < 0,05$) para las mayonesas elaboradas con thermomix que para las elaboradas con molino coloidal; mientras que la media del tamaño de los glóbulos de grasa para las muestras elaboradas con molino coloidal es de $22 \pm 12 \mu\text{m}^2$, la de los glóbulos de grasa de la muestra elaborada con thermomix es de $16 \pm 10 \mu\text{m}^2$.

Asimismo respecto al estabilizante empleado, que se muestra en la Figura 8B, se observa que las muestras elaboradas con goma xantana poseen valores de área significativamente mayores ($p < 0,05$) a los obtenidos para las muestras elaboradas con la combinación de ambas gomas. Los glóbulos de grasa obtenidos en la mayonesa con xantana en su formulación posee un área media de $29 \pm 7 \mu\text{m}^2$, mientras que para la mayonesa con goma xantana y goma guar el área media es de $10 \pm 4 \mu\text{m}^2$. En condiciones de almacenamiento acelerado de nuevo las mayonesas con la combinación de estabilizantes presentan glóbulos de grasa más pequeños los cuales proporcionarían mayor estabilidad a la emulsión.

Por último la Figura 8C muestra el área en función de la semana de almacenamiento; los valores de área obtenidos para la última semana de almacenamiento son significativamente mayores ($p < 0,05$) a los obtenidos en la primera semana de almacenamiento.

CONCLUSIONES

En general, el uso del estabilizante xantana-guar en la elaboración de la mayonesa tanto con thermomix como con molino coloidal permite obtener los valores más altos de viscosidad.

En el caso de salsas almacenadas a 20°C, el uso de xantana-guar como estabilizante y molino coloidal como procedimiento de elaboración, permite obtener mayonesas más estables a lo largo de un periodo de almacenamiento de 3 meses, con un menor aumento del tamaño de los glóbulos de grasa. En cuanto a las mayonesas almacenadas a 40°C, que dan una estimación de los cambios durante un almacenamiento más prolongado, podría emplearse cualquiera de los métodos de elaboración cuando se use como estabilizante la combinación de gomas xantana y guar.

Si se decidiera emplear xantana como único estabilizante, sería recomendable elaborar las mayonesas mediante molino coloidal, para obtener salsas con mayor viscosidad.

En cuanto a la sinéresis, no existen grandes diferencias en los valores obtenidos a lo largo del almacenamiento de las salsas; la sinéresis es prácticamente estable independientemente del procedimiento y estabilizante empleado.

REFERENCIAS

Dalgleish, D. G. 1996. Food emulsions. In J. Sjöblom (Ed.), *Emulsions and emulsion stability*, Chap. 5. New York (Basel): Dekker (Marcel).

Depree, J. A., Savage, G. P. 1996. Storage properties of a wasabi flavoured mayonnaise. *Proceedings of the Nutrition Society of New Zealand*, 21, 142–151.

Depree, J.A., Savage G.P. 2001. Physical and flavour stability of mayonnaise. Food Group, AFSD, Lincoln University, Canterbury, New Zealand. *Trends in Food Science & Technology* 12(2 001) 157–163

Ferrando, M.; Spiess, W.E.L. 2000. Review: Confocal Scanning laser microscopy. A powerful tool in food science. *Food Science and Technology International*, 6(4): 267-284.

Férézou, J., Lai, N.-T., Leray, C., Hajri, T., Frey, A., Cabaret, Y., Courtieu, J., Lutton, C., Bach, A. 1994. Lipid composition and structure of commercial parenteral emulsions. *Biochimica et Biophysica Acta*, (1994), 1213, 149-158.

Franco, J. M., Berjano, M., Guerrero, A., Muñoz, J., Gallegos, C. 1995. Flow behaviour and stability of light mayonnaise containing a mixture of egg yolk and sucrose stearate as emulsifiers. *Food Hydrocolloids*, 9, 111–121.

García, C., Molina, M.E. 2008. Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. *Ingeniería* 18 (1, 2): 57-64, ISSN: 1409-2441.

Groves, M. J., Wineberg, M., Brain, A. P. R. 1985. The presence of liposomal material in phosphatide stabilized emulsions. *Dispersion Science and Technology*, (1985), 2, 6, 237-243.

Harrison, L. J., Cunningham, F. E. 1985. Factors influencing the quality of mayonnaise. *Journal of Food Quality*, 8, 1–20.

Harrison, L. J., Cunningham, F. E. 1986 (a). Influence of frozen storage time on properties of salted yolk and its functionality in mayonnaise. *Journal of Food Quality*, 9, 167–174.

Harrison, L. J., Cunningham, F. E. 1986 (b). Influence of salt on properties of liquid yolk and functionality in mayonnaise. *Poultry Science*, 65, 915–921.

Hawley, G.G., Lewis, R.J., 1993. *Hawley's condensed chemical dictionary*. 12 th, Van Nostrand Reinhold Company, New York.

Kiosseoglou, V.D., Sherman, P. 1983. Influence of egg yolk lipoproteins on the rheology and stability of oil/water emulsions and mayonnaise 1. Viscoelasticity of groundnut oil-in-water emulsions and mayonnaise. *Journal of Texture Studies*, 14, 397–417.

Langton, M., Jordansson, E., Altskär, A., Sorensen, C., Hermansson, A.M. 1999. Microstructure and image analysis of mayonnaises. *Food Hydrocolloids*, 13(2): 113-125.

McClements, D. J., Demetriades, K. 1998. An integrated approach to the development of reduced fat food emulsions. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 38, 511–536.

Muñoz, J., Alfaro, M.C.; Zapata, I. 2007. Avances en la formulación de emulsiones. *Grasas y aceites*, 58 (1), Enero –Marzo, 64-73, ISSN: 0017-3495.

Rodríguez, V. 2004. Estimación de la vida útil de la harina de pejibaye, obtenida por deshidratación. Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Stauffer, C. E. 1996. *Fats and Oils*. Minnesota: Eagan Press, by the American Association of Cereal Chemists.

Tanaka, M., Fukuda, H. 1976. Studies on the texture of salad dressings containing xanthan gum. *Can. Inst. Food Sci Technol. J.*, 9 (3), 130–134.

Tung, M. A., Jones, L. J. 1981. Microstructure of mayonnaise and salad dressing. *Scanning Electron Microscopy*, 3, 523–530.

Van Dalen, G. 2002. Determination of the water droplet size distribution of fat spreads using confocal scanning laser microscopy. *Journal of Microscopy*, 208(2): 116-133.

Yang, S., Cotterill, O. J. 1989. Physical and functional properties of 10% salted egg yolk in mayonnaise. *Journal of Food Science*, 54, 210–213.