

DESARROLLO DE UNA EMULSIÓN DE NARANJA UTILIZANDO GOMA XANTANA Y ARÁBIGA

*Ariel Ortega**, *Dayana Rodríguez, Elda Roncal, Milenis Rondón, Juan González-Ríos,*
Ana I. Cabrera, Yanela M. Pita y Heanny González.

Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carr. al Guatao km 3 ½, CP 19200, La Habana, Cuba.

E-mail: ariel@iiaa.edu.cu

Recibido: 28-10-2019 / Revisado: 12-11-2019 / Aceptado: 19-11-2019 / Publicado: 13-01-2020

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de los soportes (goma arábica y goma xantana) sobre la estabilidad de la emulsión de naranja. Se consiguió la mayor estabilidad de la emulsión de naranja con 0,80 % m/m de goma xantana y de 22,5 % m/m de goma arábica. La calidad global del producto se mantuvo durante seis meses conservado a temperatura ambiente, con una elevada estabilidad, sin cambios en sus propiedades sensoriales ni contaminación por hongos y levaduras. El producto presentó una intensidad de sabor a naranja moderada sin presencia de notas resinosas a cáscara. La emulsión presentó una viscosidad adecuada para su implantación a escala piloto y se comportó como un fluido pseudoplástico no newtoniano.

Palabras clave: emulsión, aceite esencial de naranja, goma xantana, goma arábica.

ABSTRACT

Development of an orange emulsion using xanthan and arabic gum

The aim of the present work was to evaluate the influence of the supports (gum arabic and xanthan gum) on the stability of the orange emulsion. The highest stability of the orange emulsion was achieved using 0.80% m/m of xanthan gum and 22.5% m/m of gum arabic. The overall quality of the product was maintained for 6 months at room temperature, with high stability, without changes in sensory properties or contamination by fungi and yeasts. The product presented a moderate orange flavor intensity without the presence of resinous notes on the skin. The emulsion presented a viscosity suitable for implantation on a pilot scale and behaved as a non-Newtonian pseudoplastic fluid.

Keywords: emulsion, orange essential oil, xanthan gum, gum arabic.

INTRODUCCIÓN

Generalmente, una emulsión no es un sistema estable, primero la gravedad específica de las gotas de aceite difiere habitualmente de la fase continua (agua) y las partículas tienden a depositarse (sedimento) o a flotar (crema). Además, hay una posibilidad de que las gotitas se pongan en contacto unas con otras, se sumerjan y consecuentemente forman gotas más grandes y así sucesivamente, lo que finalmente resultará la formación de una capa de aceite consistente que conlleva la rotura de la emulsión (1).

**Ariel Ortega-Luis: Licenciado en ciencias farmacéuticas (U.H, 1995) y Doctor en Ciencias de los Alimentos (IFAL, 2014). Investigador Auxiliar. Trabaja en la investigación y desarrollo de saborizantes líquidos y en polvo, emulsiones, esencias y extractos naturales para uso en nuevos productos y para la industria. Es miembro del consejo científico del IIAA y profesor Asistente de la Universidad de la Habana.*

Los compuestos que se añaden a una emulsión para aumentar su estabilidad son agentes emulsificantes. Estos agentes son compuestos orgánicos de cadena larga con cadenas solubles en aceite (lipofílicos) y cadenas solubles en agua. Por lo tanto, una porción de la molécula se disolverá en la fase oleosa y la cadena principal formará una especie de puente para mantener ambas fases en posición y así emulsificarse (2).

La viscosidad es la resistencia a la fluidez de las emulsiones y es probablemente una de las más importantes propiedades, tanto desde el punto de vista práctico como teórico, utilizado con frecuencia como guía para evaluar la estabilidad. El comportamiento reológico y las propiedades de flujo gobiernan el desarrollo, diseño, evaluación y equipos de proceso, tales como bombas, tuberías, intercambiadores de calor, evaporadores, esterilizadores y mezcladores. Las mediciones reológicas también se han considerado como una herramienta analítica para proporcionar conocimientos fundamentales sobre la organización estructural de los alimentos (3).

La goma arábiga es utilizada, por excelencia, para hacer emulsiones para bebidas, su procedencia son los exudados naturales de acacia, con un peso molecular alto de heteropolisacárido (resultado de hidrólisis D-galactosa con menor cantidad de L-arabinosa, ácido D-glucorónico, L-ramnosa y pequeña cantidad de ácido 4-O-metil-D-glucorónico). La reología de esta goma por encima del 30 % muestra una mayor viscosidad de la solución y muestra pseudoplasticidad (4). La goma xantana es un heteropolisacárido microbiano, compuesto de 1-4- β -D-glucosa y exhibe pseudoplasticidad y tixotropía con alta viscosidad a baja concentración.

Las emulsiones de naranja con la mezcla de gomas arábiga y xantana han sido poco abordadas por la literatura científica (5, 6) y pudiera ser una alternativa eficaz que proporcione mayor estabilidad y una adecuada calidad sensorial. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia de los soportes (goma arábiga y goma xantana) sobre la estabilidad de la emulsión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó aceite esencial de naranja exprimido en frío, procedente de Jagüey Grande con las especificaciones siguientes: aspecto líquido transparente sin partículas en suspensión ni separación de fases; olor a fruta fresca

(naranja) sin notas oxidadas ni olores ajenos al producto; densidad $0,8500 \pm 0,001$ g/mL, índice de refracción $1,4735 \pm 0,002$ y contenido de compuestos carbonilos $0,98 \pm 0,02$ % expresado como decanal. Además, agua tratada, ácido cítrico anhidro (SIN 330) (7), de Weifang Ensign Industry Co. (China), goma arábiga BB (SIN 414) (7), de Nexira, Francia, goma xantana (SIN 415) (7) procedente de Argeville, Grasse, Francia, colorante Sunset Yellow (SIN 110) (7) de Coralmik, Valencia, España, colorante amarillo tartracine (SIN 102) (7) de Coralmik, Valencia, España y sorbato de potasio (SIN 202) (7) procedente de Best Biochemical Corp., Nantong, China.

La emulsión se elaboró hidratando la goma xantana y goma arábiga en una porción de agua tratada (disolvente) durante 24 h para formar el mucílago. En la otra fracción de agua tratada se añadió ácido cítrico y sorbato de potasio, mediante un proceso en constante agitación. Se mezcló el mucílago con la fase acuosa y se calentó entre 62 y 68 °C durante 15 min, se refrescó el producto y se adicionó con agitación el colorante y aceite esencial de naranja a una temperatura no mayor de 45 °C. La pre-emulsión se homogenizó en un equipo IKA Ultra Turrax T-25, a $12\,000\text{ s}^{-1}$ durante 5 min.

Se desarrolló un diseño compuesto central rotatorio para caracterizar y optimizar la emulsión de naranja. En el diseño experimental se estudió el efecto de dos factores: goma arábiga y goma xantana con tres niveles (Tabla 1). El diseño para las variables codificadas (Tabla 2) se conformó con cinco réplicas en el punto central, cuatro puntos axiales y una rotabilidad (α) de $\pm 1,41$. En total, se realizaron 13 puntos o tratamientos. Las variables de respuesta fueron viscosidad (Y1), intensidad del sabor a naranja (Y2) y estabilidad de la emulsión (Y3).

En el ajuste de la superficie respuesta se efectuó un análisis de regresión bajo el criterio de los mínimos cuadrados, utilizando la F de Fisher para establecer diferencias significativas del análisis de varianza de la regresión; así como, se evaluó la significación de los coeficientes del modelo mediante el estadígrafo t de Student. La adecuación de los modelos de superficie de respuesta para la predicción de los valores de respuesta óptimos se verificó mediante la realización de experimentos bajo las condiciones óptimas recomendadas. Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa Design-Expert ver. 6 (Stat-Ease, Inc., Minneapolis).

Tabla 1. Niveles de los factores

Factor	Nivel -1	Nivel 0	Nivel +1
Goma arábica (% m/m) (A)	10,00	16,25	22,50
Goma xantana (% m/m) (B)	0,20	0,70	1,20

Tabla 2. Matriz del diseño rotatorio para las variables codificadas

Corrida	Factor A	Factor B
1	0	0
2	-1,4	0
3	0	-1,4
4	+1,4	0
5	0	0
6	-1	-1
7	0	+1,4
8	+1	-1
9	0	0
10	0	0
11	0	0
12	+1	+1
13	-1	+1

La viscosidad se midió en un viscosímetro Brookfield modelo LVT a partir de 250 mL de muestra, a velocidad de 30 min⁻¹ y 25 °C. Las lecturas se hicieron a los 15 s de iniciada la rotación con el husillo No 4. Los análisis se hicieron por triplicado y los resultados expresados en (mPa.s) se expresaron como promedios (8).

Las emulsiones de naranja fueron envasadas en frascos de polietileno de alta densidad a temperatura ambiente y se evaluaron en refresco con 8,0 °Brix, en una dosis de 2,5 % m/m determinada previamente mediante pruebas de observación. En la evaluación de la intensidad del sabor se empleó una escala lineal continua estructurada de 10 puntos equivalentes a cm, acotados en los extremos (9), con la mínima y máxima intensidad de sabor a naranja. A los efectos del procesamiento esta escala equivale a: no aparece (0-1,0 cm), muy débil (1,1-3,0 cm), débil (3,1-5,0 cm), moderada (5,1-7,0 cm), intenso (7,1-9,0 cm) y muy intenso (9,1-10,0 cm). En cada sesión se evaluaron tres emulsiones las cuales fueron previamente codificadas utilizando la tabla de números aleatorios de tres dígitos.

Para determinar las características reológicas de la emulsión optimizada (arábiga-xantana) se determinaron las curvas de flujo en un reómetro Anton Paar, MCR 302 (Austria) en modo rotacional, para lo cual se empleó la geometría de cilindros concéntricos (27 mm de diámetro). Con el fin de eliminar la posible tixotropía del producto, se realizaron barridos de gradiente de deformación (γ) en el rango de 0 a 100 s⁻¹, en forma ascendente, en forma descendente y finalmente de manera ascendente.

Los valores experimentales del comportamiento de flujo fueron graficados (esfuerzo (σ) Pa contra gradiente (γ) s⁻¹) y las curvas obtenidas se ajustaron según los modelos reológicos: ley de potencia o modelo de Ostwald, Herschel-Bulkley y Casson, todas estas determinaciones se realizaron siguiendo la metodología dada por el fabricante (10). Las mediciones se determinaron a 25 °C y se replicaron cuatro veces. El valor de la viscosidad aparente a manera de control se calculó a un gradiente de velocidad de deformación de 100 s⁻¹, mediante la expresión: $\eta_{100} = \sigma_0 + K\gamma^{n-1}$ donde η : viscosidad aparente, σ_0 : esfuerzo de fluencia

o esfuerzo umbral, γ : velocidad de deformación medida, K el llamado índice de consistencia del fluido y n el índice de comportamiento al flujo.

Para evaluar la estabilidad o también llamada prueba de cremado se utilizó el método de centrifugación (11). La muestra de emulsión se colocó en un tubo de ensayo graduado para centrifuga y se almacenó 24 h a 37 °C. Las muestras se centrifugaron a 3 500 min⁻¹ durante 10 min. La estabilidad de la emulsión se determina por la siguiente formula:

$$S = [(V_0 - V) / V_0] \times 100 \% \text{ donde,}$$

donde S = estabilidad de la emulsión (%), V_0 = volumen de la emulsión sometida a la centrifugación (mL) y V = volumen de la fase separada (cremado o aceite esencial) de la emulsión (mL).

La emulsión de naranja optimizada fue caracterizada mediante las determinaciones siguientes: apariencia, sabor, densidad específica en un densímetro digital Kyoto Electronics Manufacturing (Japón) Modelo DA-130 N a 25 °C (12), pH por medición potenciométrica (13) e índice de refracción a 20 °C (14). En la caracterización microbiológica se realizaron determinaciones de hongos y levaduras (15).

Para determinar la conservación durante seis meses de la variante optimizada se prepararon dos lotes de emulsión que se envasaron en frascos de polietileno de alta densidad de 250 mL y fueron almacenadas entre

22 y 24°C. En el tiempo inicial y en cada mes se determinó la estabilidad (12) y contenido de hongos y levaduras, donde se muestreó 100 mL de cada lote (15). Para evaluar el sabor del producto se realizó una prueba sensorial de aceptación o rechazo. La Tabla 3 muestra las afectaciones críticas que conducen al rechazo del producto. La evaluación sensorial se realizó por 12 catadores adiestrados. A partir del primer rechazo por parte de los catadores, el producto se evaluó cada 15 días.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 4 presenta los resultados de las variables respuesta viscosidad (Y1), evaluación sensorial (Y2) y estabilidad de la emulsión (Y3), evaluadas según el diseño experimental.

El análisis de varianza de los resultados experimentales de las variables respuestas Y1, Y2, y Y3 con respecto a las variables independientes (Factor A) y (Factor B), dio significativo para $p \leq 0,05$; obteniendo los polinomios cuadráticos y coeficientes de determinación respectivamente (Tabla 5).

Los resultados del modelo para la viscosidad (Tabla 5) demostraron que el valor F del modelo fue mayor que el valor tabulado, por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que el modelo y las diferencias fueron significativos. La prueba para la falta de ajuste dio no significativa. El coeficiente de determinación de la ecuación fue 0,97; lo que indica que es procedente el

Tabla 3. Afectaciones críticas de la calidad global

Característica	Indicador crítico
Aspecto	Separación de la fase oleosa Aparición de un anillo en la superficie del refresco. Pérdida o variación del color inicial. Otra coloración no característica
Olor	Medicinal, fenólico, pintura, plástico, oxidado u otro olor no característico.
Sabor	Medicinal, fenólico, pintura, plástico, oxidado u otro sabor no característico.
Estabilidad	Estabilidad menor que un 80 % v/v

Tabla 4. Valores de las variables respuesta

Corrida	A (% m/m)	B (% m/m)	Y1 (mPa.s)	Y2 (cm)	Y3 (% v/v)
1	16,25	0,70	270	6,2	60
2	7,41	0,70	200	3,4	20
3	16,25	0,01	80	3,0	10
4	25,09	0,70	730	7,3	100
5	16,25	0,70	250	6,7	62
6	10,00	0,20	120	3,0	25
7	16,25	1,41	1100	3,5	70
8	22,50	0,20	430	5,5	80
9	16,25	0,70	250	6,5	60
10	16,25	0,70	130	7,0	70
11	16,25	0,70	250	5,5	77
12	22,50	1,20	1160	3,8	90
13	10,00	1,20	900	3,2	55

*Goma arábica: (A), Goma xantana: (B), viscosidad (Y1), Intensidad del sabor (Y2), estabilidad de la emulsión (% v/v) (Y3).

Tabla 5. Coeficientes del polinomio codificado para la variable Y1, Y2 y Y3

Factor	Viscosidad (Y1)	Sabor a naranja (Y2)	Estabilidad (Y3)
Intercepto	230,00	6,38	65,80
Goma arábica (A)	164,94*	1,06*	25,39*
Goma xantana (B)	369,06*	-0,087	15,61*
A ²	148,75*	-0,61*	0,23
B ²	211,25*	-1,66*	-9,77
A x B	-12,50	-0,50	-5,00
R ²	0,97	0,91	0,91
F Modelo	49,56	14,37	12,90
F Pérdida de ajuste	3,73	1,70	3,74

*Significación para $p \leq 0,05$.

modelo empleado. Los coeficientes lineales y cuadráticos resultaron significativos. Estos resultados se justifican debido a que la goma arábica es un hidrocoloide que estabiliza las emulsiones, tanto por tener la fracción de arabinogalactano-proteína rica en proteínas que se adsorbe en la interfaz aceite-agua, como por realzar la viscosidad del medio acuoso (Mirhosseini y col., 2008). La goma xantana tiene propiedades espesantes producto de que tienen carbohidratos los cuales aumentan la viscosidad de la

emulsión (16). Dentro de los términos cuadráticos, la goma xantana resultó ser la que más influencia ejerce en el modelo y al ser positivo el término lineal indica que incide directamente en el incremento de la viscosidad del producto.

Desplanques y col. (17) estudiaron la interacción de goma arábica con alto y con bajo contenido de la fracción AGP y gomas xantanas con elevado contenido de piruvato y de acetato, en donde se incrementó de un 11

al 20 % la viscosidad, con el uso de diferentes mezclas de estas gomas, lo que permite ilustrar el papel de la estructura en la interacción de dichas sustancias. Tal fenómeno se describe para varias combinaciones de polisacáridos y se atribuye a menudo a un mecanismo de sinergia (18). En el presente estudio se observó un aumento de la viscosidad al mantener fijo el contenido de goma xantana e incrementar 3,5 veces el contenido de goma arábica (Tabla 4), lo cual es un indicio de que podría presentarse en alguna medida un sinergismo en la combinación de ambas gomas.

Una emulsión con viscosidad superior a 1 000 mPa·s (Tabla 4), resultó un producto muy viscoso al ser vertido, y en la tecnología de elaboración de emulsiones no es conveniente, debido a que se necesita un producto fluido que permita la agitación y mezclado de sus ingredientes. Además, puede ser bombeado y manipulado durante el envasado, es por ello que la viscosidad conveniente para la emulsión debe ser inferior a este valor. El menor valor de viscosidad fue 80 mPa·s con la mezcla de goma xantana de 0,01 % m/m y goma arábica 16,25 % m/m, lo cual tampoco es deseado porque facilita la movilidad de las partículas y, por tanto, la formación de agregados.

En la intensidad del sabor a naranja (Tabla 5), el contenido de goma arábica resultó significativo. Esto puede explicarse por las características estructurales de esta goma, capaz de absorber en su estructura moléculas lipofílicas, actuar como un buen agente formador de cápsulas y disminuir con ello la intensidad de la nota resinosa a cáscara propia del limoneno, sustancia apolar, de elevada proporción en el aceite esencial (19). Al disminuir la intensidad del limoneno se puede percibir con mayor amplitud las notas a cítrico maduro propio de sustancias volátiles más polares y con bajo umbral de detección. En los términos cuadráticos ambos fueron significativos, de los cuales la goma xantana presentó el mayor valor numérico, esto indica que mayores valores de goma xantana favorecen directamente la intensidad de sabor a naranja.

En la estabilidad (Tabla 5) resultaron significativos los términos lineales goma arábica y en mayor magnitud la goma xantana. En la estabilidad de la corrida 2 (Tabla 4) se observó aceite esencial de naranja separado en la superficie debido a un bajo contenido de goma arábica, principal agente encapsulante, y en la corrida 3 se muestra un nivel elevado de cremado por una baja concentración de goma xantana. El aumento de un polisacárido cargado negativamente como esta goma, permite un aumento de las fuerzas repulsivas negativas (electrostáticas y estéricas) entre las gotas de emulsión, retardando la inestabilidad de la emulsión (6). La estabilidad más elevada fue la corrida 4 donde el contenido de goma arábica fue mayor. La goma arábica en combinación con la goma xantana para encapsular aceite esencial de naranja, plantea un posible sinergismo (5); lo cual requiere un mayor estudio al respecto. La mayor estabilidad de la emulsión se alcanzó con 1,20 % de goma xantana y de 22,5 % de goma arábica. Un aumento de viscosidad de la fase acuosa combinada con el tamaño pequeño de las gotitas de aceite reduce drásticamente su movilidad de acuerdo con la ley de Stokes (12, 20-22).

Para la optimización de los valores establecidos en el diseño se establecieron las restricciones siguientes: para la viscosidad maximizar hasta 800 mPa·s, debido a que una viscosidad mayor conlleva a un producto muy espeso que afecta las propiedades de flujo (agitación, bombeo y manipulación) en correspondencia a nuestras condiciones tecnológicas; intensidad de sabor a naranja: maximizar y estabilidad de la emulsión: maximizar.

Estas restricciones permitieron optimizar el diseño brindando dos posibles soluciones (Tabla 6), de las cuales fue seleccionada la solución número 1 debido a un menor contenido de goma xantana y por consiguiente un menor costo de la preparación, contenido similar fue planteado por Mirhosseini y Tan (23).

Tabla 6. Soluciones para optimizar el diseño

Solución	Goma arábica	Goma xantana	Viscosidad (mPa·s)	Intensidad del sabor (cm)	Estabilidad (% v/v)	Deseabilidad
1	22,5	0,80	780	6,0	94	0,87
2	22,3	0,99	798	5,9	93	0,86

La Tabla 7 presenta la caracterización de la emulsión óptima a partir de tres lotes de producción, con el empleo de goma arábica al 22,5 % m/m y goma xantana al 0,80 % m/m.

En la evaluación sensorial se obtuvo una intensidad de sabor a naranja moderada, sin regusto resinoso y color característico. La viscosidad resultó adecuada para la implantación del producto a escala de planta piloto y la estabilidad que es inversa al nivel de cremado fue elevada con muy bajo nivel de cremado y sin presencia de aceite separado en la superficie. Los productos no tuvieron afectaciones microbiológicas (hongos y levaduras) durante el proceso de elaboración ni envasado.

Al analizar comparativamente los valores de r de los modelos utilizados (Tabla 8), el modelo de Herschel-Bulkley es el que mejor describe el flujo de la emulsión analizada y, por tanto, los valores del índice de flujo (n), esfuerzo de fluencia (σ_0) e índice de consistencia (K) son suficiente para caracterizarlos, resultado similar fue obtenido por otros investigadores (23).

La Fig. 1 muestra la gráfica de esfuerzo de cizalla contra gradiente de velocidad, se observa una ligera curvatura lo cual es típico de los fluidos no newtonianos, los cuales presentan valores de índice de flujo (n) menores que uno. El carácter de la emulsión estudiada muestra valores de (n) entre 0,83 y 0,87 para el modelo Herschel-Bulkley, lo cual reafirma un carácter

Tabla 7. Caracterización de la emulsión de naranja

Característica	Valor
Apariencia	Naranja oscuro
Sabor	Característico a naranja
Viscosidad (mPa.s)	770 (20)*
Intensidad de sabor a naranja (cm)	6,3 (0,8)
Evaluación de hongos y levaduras	< 10 ufc/mL
Estabilidad (% v/v)	98 (1)
Densidad a 20 °C (g/mL)	1,0821 (0,0055)
Índice de refracción a 20 °C	1,3830(0,0025)
pH	4,2 (0,2)

$n=3$, *Valor medio (desviación estándar).

Tabla 8. Ajuste de los modelos en la emulsión optimizada

Modelo	Esfuerzo de fluencia	Índice de flujo (n)	Índice de consistencia (K) (Pa.s ⁿ)	Viscosidad η_{100} (mPa.s)	r mín.	r máx.
Ostwald		0,73	0,679		0,994	0,997
CASSON	K_0 (Pa) ^{1/2}		m (Pa.s) ^{1/2}		0,969	0,999
	(σ_0) (Pa)		K (Pa.s ⁿ)		0,999	1,000
Herschel-Bulkley	0,57	0,84	0,423	771		

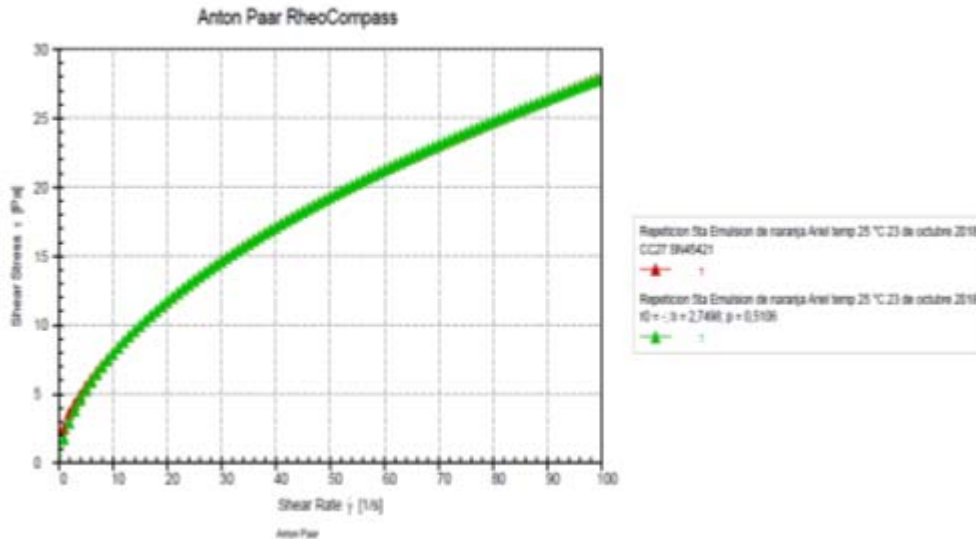


Fig. 1. Grafica de esfuerzo (Pa) contra gradiente (s^{-1}).

pseudoplástico de la mezcla arábica-xantana, así como la existencia de un ligero esfuerzo de fluencia $s_0 = 0,57$ Pa que se debe a cierta compatibilidad entre ambas gomas, con un pequeño efecto sinérgico (23-25).

La emulsión de naranja se conservó durante seis meses sin presentar afectaciones críticas, ni ser rechazada por los catadores durante el tiempo evaluado y se mantuvieron sus cualidades sensoriales. El estudio de hongos y levaduras, mostró un crecimiento mensual <10 ufc/mL, desde el inicio hasta los seis meses. La emulsión de naranja no tiene referencia en la norma (26), pero cumple con los indicadores microbiológicos considerados para un producto similar (refrescos concentrados y sirope), la cual se encuentra por debajo de los límites establecidos (10^2 a 10^3 ufc/mL). Esta inocuidad se logró por diferentes factores como la pasteurización, acción del sorbato de potasio, producto de naturaleza ácido pH $<4,5$ y presencia de aceite esencial de naranja un 10 %, el cual muestra efecto inhibitor en el crecimiento micelial de hongos *in vitro*, superior al 80 % a concentración de aceite esencial de 1 % y 100 % de inhibición a concentraciones de 2,5 y 5 % (27). Además, presenta un alto contenido de monoterpenos (limoneno) y monoterpenos oxigenados (linalol) que han demostrado actividad inhibitoria en algunas especies del género *Aspergillus* y *Penicillium* como *A. niger*, *A. flavus*, *P. verrucosum*, *P. chrysogenum*, *P. digitatum* y *P. italicum* (28, 29).

Desde el punto de vista sensorial el refresco de naranja fue aceptado mensualmente sin detectar en las pruebas olfativas ni en el sabor notas a oxidado o resinosas, ni presencia visual de un anillo de aceite separado en la superficie del refresco durante sus evaluaciones. En el análisis de estabilidad (Fig. 2), se observa que fue mayor que 96 % y mantuvo a partir del tercer mes una tendencia estable sin presencia de aceite separado en la superficie.

CONCLUSIONES

Se desarrolló una emulsión de naranja de mayor estabilidad utilizando 0,80 % m/m de goma xantana y de 22,5 % m/m de goma arábica. El producto se caracterizó por una densidad a 20 °C de 1,0821 g/mL, índice de refracción a 20 °C de 1,3830 y pH 4,2. La viscosidad de la emulsión fue de 770 mPa·s y el modelo de mejor ajuste fue Herschel-Bulkley, dando un comportamiento pseudoplástico. La emulsión mostró una elevada estabilidad durante seis meses, sin cambios en sus atributos ni contaminación microbiológica por hongos y levaduras. El producto presentó una intensidad de sabor a naranja moderada, sin presencia de notas resinosas a cáscara.

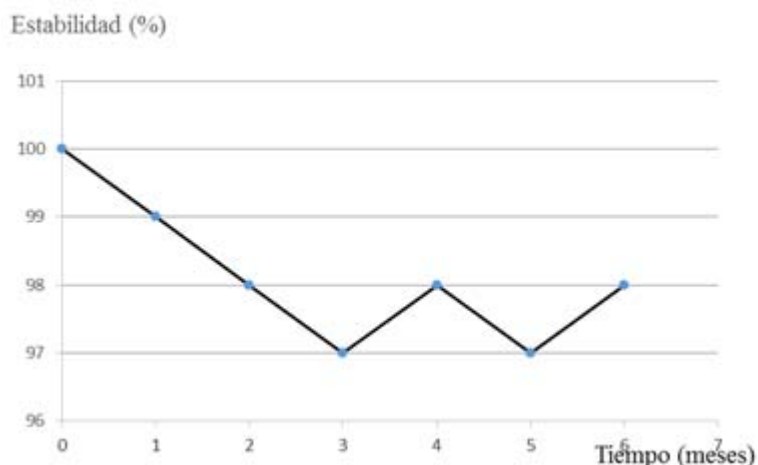


Fig. 2. Estabilidad de la emulsión de naranja.

REFERENCIAS

1. Taherian A. Rheology and stability of beverage emulsions in concentrated and diluted forms (tesis de doctorado). McGill University Montreal. Food Science and Agricultural Chemistry Macdonald Campus; 2006.
2. Fennema R. Food Chemistry; Ed. Marcel Dekker, Inc.: New York; 1985.
3. Mothe G, Rao A. Rheological behavior of aqueous dispersions of cashew gum and gum arabic: effect of concentration and blending. Food Hydrocolloids 1999; 13:501-6.
4. Buffo R, Reineccius G, Oehlert G. Factors affecting the emulsifying and rheological properties of gum acacia in beverage emulsions. Food Hydrocolloids 2001; 15:53-66.
5. Mirhosseini H, Tan PH, Nazimah H, Yusof S. Optimization of the contents of Arabic gum, xanthan gum and orange oil affecting turbidity, average particle size, polydispersity index and density in orange beverage emulsion. Food Hydrocolloids 2008; 22:1212-23.
6. Mirhosseini H, Tan PH, Yusof S. Effect of Arabic gum, xanthan gum and orange oil contents on α -potential, conductivity, stability, size index and pH of orange beverage emulsion. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng Aspects 2008; 315:47-56.
7. NC 277:2003. Aditivos alimentarios. Regulaciones Sanitarias. Cuba; 2003.
8. Ibanoglu E. Rheological behaviour of whey protein stabilized emulsions in the presence of gum Arabic. J Food Eng 2002; 52:273-77.
9. NC-ISO 4121:2005. Análisis sensorial-guía para el uso de escalas con respuestas cuantitativas. Método de referencia. Cuba; 2005.
10. Rao A. Rheology of fluid, semisolid and solid foods principles and applications. Ed. Springer Science & Business Media, Second Edition. New York; 2013.
11. Taherian A, Fustier P, Ramaswamy H. Effect of added oil and modified starch on rheological properties, droplet size distribution, opacity and stability of beverage cloud emulsions. J Food Eng 2006; 77:687-96.
12. NC-ISO 279. Aceites esenciales. Determinación de la densidad relativa a 20 °C. Método de referencia (ISO 279:1998, IDT). Cuba; 2004.
13. NC 83-03:2004. Determinación de pH. Cuba; 2004.
14. NC-ISO 280:2004. Aceites esenciales. Determinación del índice de refracción (ISO 280:1998, IDT). Cuba; 2004.
15. NC-1004:2016. Microbiología de alimentos de consumo humano y animal - guía general para la enumeración de levaduras y mohos - técnica de placa vertida a 25 °C. Cuba; 2016.
16. Nwokocha M, Williams A. Rheological characterization of the galactomannan from *Leucaena leucocephala* seed. Carbohydrate Polymers 2012; 90(2):833-38.
17. Desplanques S, Renou F, Grisel M, Malhiac C. Impact of chemical composition of xanthan and acacia gums on the emulsification and stability of oil-in-water emulsions. Food Hydrocolloids 2012; 27:401-10.

18. Launay B, Cuvelier G, Michon C, Langendorff V y Katsuyoshi N. Rheological study of some mixed hydrocolloid systems displaying associative interactions. *Hydrocolloids* 2000; 121-33.
19. García A, López A. Biopolímeros utilizados en la encapsulación. *Temas Selectos Ing Aliment* 2012; 6(1):84-97.
20. Sun C, Gunasekaran S, Richards P. Effect of xanthan gum on physico-chemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids* 2007; 21(4):555-64.
21. Huang X, Kakuda Y, Cui W. Hydrocolloids in emulsions: Particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocolloids* 2001; 15(4-6):533-42.
22. Parker A, Gunning A, Ng K, y Robins M. How does xanthan stabilize salad dressing? *Food Hydrocolloids* 1995; 9:333-42.
23. Mirhosseini H, Tan C. Response surface methodology and multivariate analysis of equilibrium headspace concentration of orange beverage emulsion as function of emulsion composition and structure. *Food Chem* 2009; 115:324-33.
24. Ahmed J, Ramaswamy H, Ngadi M. Rheological characteristics of arabic gum in combination with guar and xanthan gum using response surface methodology: Effect of temperature and concentration. *Int J Food Prop* 2005; 8:179-192.
25. Suzuki K, Maeda T, Matsuoka K, Kubota K. Effects of constituent concentration on rheological properties of corn oil-in-water emulsions. *J Food Sci* 1991; 56(3):796-98.
26. NC 585:2017. Contaminantes microbiológicos en alimentos—requisitos sanitarios. Cuba; 2017.
27. Guédez C, Cañizalez L, Avendaño L, Scorza J, Castillo C, Olivar R, Méndez Y, Sánchez L. Actividad antifúngica del aceite esencial de naranja (*Citrus sinensis* L.) sobre hongos postcosecha en frutos de lechosa (*Carica papaya*). *Rev Soc Ven Microbiol* 2014; 34(2): 81-85.
28. Caccioni L, Guizzardi M, Biondi M, Renda A, Giuseppe R. Relationship between volatile components of citrus fruit essential oils and antimicrobial action on *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*. *Int J Food Microbiol* 1998; 43:73-79.
29. Martos V, Ruiz N, Fernández L, Pérez A. Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. *Food Control* 2006; 19:1130-38.