



Evaluación de agentes antioxidantes de un extracto de flor de jamaica microencapsulado

C. Salazar-González*, F.T. Vergara-Balderas, J.A. Guerrero-Beltrán¹

Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Fundación Universidad de las Américas Puebla. Sta. Catarina Mártir, Cholula, Puebla. C.P. 72820. México

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar los agentes antioxidantes de un extracto de flor de jamaica microencapsulado. Para la obtención de los microencapsulados, se deshidrató un extracto de flor de jamaica mediante secado por aspersión, usando goma de mezquite (1, 2, 3, 4 y 5 g de goma/100 mL de extracto) como agente encapsulante. Las muestras se evaluaron en cuanto al rendimiento, humedad, concentración y estabilidad de compuestos fenólicos, antocianinas monoméricas, capacidad antioxidante y color durante cinco semanas (25°C, sin luz). En términos generales, las pruebas de estabilidad mostraron que el contenido de compuestos fenólicos y antocianinas en los microencapsulados no cambió durante el almacenamiento. Por el contrario, la capacidad antioxidante de los microencapsulados sí mostró diferencias significativas durante el almacenamiento; sin embargo, los cambios observados no presentaron una tendencia definida.

Palabras clave: flor de jamaica, antioxidantes, antocianinas, compuestos fenólicos, microencapsulación.

Abstract

The aim of this investigation was to evaluate the antioxidant agents of a microencapsulated extract of Roselle. To obtain the microcapsules, a Roselle extract was dehydrated by spray drying using mesquite gum (1, 2, 3, 4 and 5 g of gum/100 mL of extract) as wall material. Samples were evaluated as for their yield, moisture content, concentration and stability of phenolic compounds, monomeric anthocyanins, antioxidant capacity and color during five weeks (25°C, without light). In general terms, stability tests showed that the content of phenolic compounds and anthocyanins of the microcapsules did not change during the storage. On the contrary, the antioxidant capacity of the microcapsules showed significant differences during the storage; however, the observed changes did not present a defined trend.

Key words: Roselle, antioxidants, anthocyanins, phenolic compounds, microencapsulation.

* Programa de Maestría en Ciencias de Alimentos
Tel.: +52 222 229 2126, fax: +52 222 229 2727
Dirección electrónica¹: angel.guerrero@udlap.mx

Introducción

Existe un número convincente de estudios epidemiológicos y estudios *in vitro* que demuestran que los alimentos que contienen fitoquímicos con actividad antioxidante, tienen un fuerte efecto protector contra ciertas enfermedades crónicas y degenerativas.

En individuos sanos, la producción de radicales libres está controlada por un sistema de defensa balanceado, de tal manera que el estrés oxidativo se genera cuando el balance está a favor de los radicales libres debido a un aumento en su producción o agotamiento de niveles de antioxidantes (Faudale *et al.*, 2008). El daño oxidativo, causado por la acción de radicales libres, puede iniciar y promover la progresión de enfermedades como artritis, enfermedad de Alzheimer y enfermedad de Parkinson, disfunciones gastrointestinales, entre otras.

Los antioxidantes neutralizan la acción de los radicales libres; éstos al interactuar con el radical libre ceden un electrón y se oxidan. Por lo que la reposición de ellos debe ser continua mediante la ingestión de alimentos que los contienen (Yanishlieva, 2001).

La flor de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) conocida también como rosa de Abisinia, Hibisco o Rosella, es una planta silvestre cultivada en regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo que pertenece a la familia de las malváceas. Se utilizan los cálices que envuelven al fruto para la obtención de una infusión aromática de color rojo intenso, que puede ser consumida fría o templada. Se emplea también como aromatizante ácido en salsas, jaleas, mermeladas, bebidas y como colorante en alimentos, entre otras aplicaciones (Simonetti, 1994). Diversos autores han reportado la presencia de agentes antioxidantes en la flor de jamaica, tal como la quercetina, el ácido L-ascórbico y los compuestos fenólicos

(Hirunpanich *et al.*, 2005, Christian *et al.*, 2006, Yun-Ching *et al.*, 2006, Marquez-Vizcaino *et al.*, 2007, Prenesti *et al.*, 2007, Reanmongkol y Itharat, 2007). El contenido de sustancias fenólicas en la planta, consiste principalmente de flavonoides y en particular de antocianinas como la delfinifina-3-glucósido, delfinidina-3-sambubiósido y cianidina-3-sambubiósido (Pouget *et al.*, 1990; Wong *et al.*, 2002; Ali-Bradeldin *et al.*, 2005; Salazar-González, 2009). Dichos compuestos están asociados con la prevención del cáncer (Garzón, 2008) y las enfermedades coronarias como la aterosclerosis (El-Saadany *et al.*, 1991).

Los compuestos fenólicos son efectivos donadores de hidrógenos. Su potencial antioxidante depende del número y la posición de los grupos hidroxilos, así como de la presencia de electrones donadores en su anillo aromático estructural.

Las antocianinas poseen una estructura química adecuada para actuar como antioxidantes, ya que pueden donar hidrógenos o electrones a los radicales libres o bien, atraparlos y desplazarlos en su estructura aromática (Kuskoski *et al.*, 2004a).

A pesar de los efectos benéficos que presentan los agentes antioxidantes para la salud, su aplicación comercial está limitada, ya que factores como la luz, la humedad, el oxígeno y la temperatura afectan su estabilidad. Por esta razón, el uso de tecnologías para preservar estos compuestos, se vuelve una herramienta útil para obtener productos estables.

La microencapsulación es una forma especial de empaquetar, en la que las partículas de un material pueden ser cubiertas de manera individual para protegerlo del ambiente y de influencias deletéreas. El secado por aspersión es un método ampliamente usado para encapsular ingredientes alimenticios y es el

más económico. Una de las grandes ventajas de este proceso, además de su simplicidad, es que es apropiado para materiales sensibles al calor, ya que el tiempo de exposición a temperaturas elevadas es muy corto (Pedroza-Islas, 2002).

Por lo anterior, en este trabajo se evaluaron los agentes antioxidantes de un extracto de flor de jamaica microencapsulado mediante secado por aspersión. De igual manera, se evaluó la estabilidad de los antioxidantes durante su almacenamiento.

Materiales y métodos

1. Materiales

Se emplearon cálices de flor de jamaica cultivados en el municipio de Chiautla de Tapia, Puebla. Éstos fueron adquiridos deshidratados en la central de abastos de la ciudad de Puebla. Se empleó como agente encapsulante goma de mezquite, la cual se adquirió en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD) de Hermosillo, Sonora.

2. Purificación del agente encapsulante para el secado por aspersión

Se empleó la técnica de Beristain *et al.* (2002) modificada por Salazar-González (2009). Se seleccionaron aquellas porciones con menos impurezas, se adicionó agua destilada y se agitó hasta disolver los cristales de goma. La solución obtenida se filtró y se almacenó en placas en un congelador a -40°C durante 24 h. La muestra congelada se colocó en la cámara de un liofilizador (Labconco, LYPH LOCK6, EE.UU.) a una temperatura de condensación de -50°C y una presión de vacío de 10 micrones de Hg, sin calentamiento. El producto deshidratado se trituro hasta obtener un polvo fino.

3. Obtención del extracto líquido de flor de jamaica

Se colocaron cálices de flor Jamaica triturados en disolvente etanol al 96%-agua (50:50). La mezcla se mantuvo en agitación y en la oscuridad a temperatura ambiente durante 2 h. Después se centrifugó (Hermle, Z383K, Alemania) a 4500 rpm. Luego se filtró en un embudo Büchner a través de papel Whatman No. 2. Posteriormente, se llevó a cabo la eliminación del disolvente en un evaporador rotatorio (Büchi, 461, Suiza) a 35°C . El extracto concentrado se ajustó a 18.4 °Bx y se caracterizó con base en la concentración de compuestos fenólicos, antocianinas monoméricas totales, actividad antioxidante y color.

4. Obtención del microencapsulado

Se pesaron 1, 2, 3, 4 y 5 g de goma de mezquite purificada y se añadieron 100 mL de extracto líquido de flor de jamaica. La mezcla se agitó hasta disolver la goma de mezquite y se alimentó en un secador por aspersión (Büchi, Mini spray drier B-290, Suiza) a una temperatura del aire de entrada de $180 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y temperatura de aire de salida de $104 \pm 2.34^{\circ}\text{C}$. La potencia del aspirador fue del 100% (correspondiendo a un flujo de aire de 38 m^3/h) y la de la bomba fue del 35% para mantener un flujo de 10 mL/min. El nivel de limpiador de la espesa fue de 1. Los microencapsulados se almacenaron en una incubadora (Lab Line Instruments, Imperial III, India) a 25°C en ausencia de luz, durante cinco semanas y se evaluaron con base en la concentración de compuestos fenólicos, antocianinas monoméricas totales, actividad antioxidante y color. El rendimiento se calculó mediante la relación entre los gramos de polvo obtenidos y los °Bx del extracto con goma.

5. Cuantificación de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos totales se determinaron por una adaptación al método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) realizada por Salazar-González (2009), en un espectrofotómetro UV-Visible (Varian Cary 100 Conc., EE.UU.) usando ácido gálico como estándar. El contenido de compuestos fenólicos se expresó como miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 mL de extracto de flor de jamaica, mientras que para los extractos en polvo (microencapsulados) se expresó como miligramos equivalentes de ácido gálico en 1 g de sólidos solubles de jamaica.

6. Evaluación de antocianinas monoméricas totales

La determinación de antocianinas monoméricas totales se llevó a cabo mediante el método de pH diferencial descrito por Giusti y Wrolstad (2001), adaptado por Salazar-González (2009). La absorbancia se midió en un espectrofotómetro UV-Visible a 520 y a 700 nm usando soluciones buffer a pH 1 y a pH 4.5. Los resultados obtenidos se expresaron como miligramos equivalentes de cianidina-3-glucósido en 100 mL de extracto de flor de jamaica y en los extractos en polvo (microencapsulados) se expresó como miligramos equivalentes de cianidina-3-glucósido en 1 g de sólidos solubles de jamaica.

7. Medición de la capacidad antioxidante

La actividad antioxidante se determinó mediante la metodología ABTS desarrollada por Re *et al.* (1999), modificada por Kuskoski *et al.* (2004a) y por Salazar-González (2009). Se empleó Trolox (6-hidroxi-2, 5, 7, 8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico, Sigma-Aldrich, México) como antioxidante de referencia. Los resultados de actividad antioxidante se expresaron como μmol

equivalente a Trolox en 100 mL de extracto y en los extractos en polvo (microencapsulados) se expresó como μmol equivalente a Trolox en 1g de sólidos solubles de jamaica.

8. Humedad de los microencapsulados

La humedad de los microencapsulados se determinó por secado y diferencia de pesos de acuerdo al método 934.06 de la A.O.A.C. (2000).

9. Evaluación del color en el extracto líquido y en los microencapsulados de flor de jamaica

La evaluación del color se llevó a cabo en un colorímetro (Gardner-Color, Gardner System 05, Alemania) empleando un aditamento de transmitancia y se midieron los parámetros de Hunter L, a y b. Posteriormente se calculó la pureza (C) y el tono (H). Para los extractos en polvo (microencapsulados), la medición del color se llevó a cabo mediante pruebas de reflectancia (7 g de polvo) y transmitancia (0.1 g de polvo/7.5 mL agua destilada). Se calculó la diferencia neta de color entre el punto inicial y final del almacenamiento de los microencapsulados.

10. Análisis estadístico

Todas las mediciones se realizaron por triplicado y se analizaron mediante un ANOVA usando el paquete Minitab (v.14, Minitab Inc.).

Resultados y discusión

En la Tabla I se muestran las características del extracto líquido empleado en la microencapsulación. Los parámetros de color indicaron una baja luminosidad e inclinación hacia las regiones roja y amarilla.

Tabla I. Características del extracto líquido de flor de jamaica empleado en la microencapsulación

Compuestos fenólicos*	35.24 ± 67.82
Antocianinas monoméricas totales**	81.04 ± 12.14
Capacidad antioxidante***	2996.61 ± 120.18
Parámetro de color	L
	a
	b
Tono C	0.25 ± 0.00
Pureza H	3.56 ± 0.00

*mg de ácido gálico/100 mL de extracto

**mg de cianidina-3-glucósido/100 mL de extracto

***μmol de Trolox/100 mL de extracto

1. Evaluación de los microencapsulados

1.1 Rendimiento y humedad

Con respecto al rendimiento (Tabla II), se observa que se tienen pérdidas de alrededor del 26% del producto final, mismas que se pueden atribuir al porcentaje de polvo que queda adherido en las paredes del secador. Estudios realizados por Robert *et al.* (2003), reportaron pérdidas alrededor del 31% en la encapsulación de carotenoides de Rosa Mosqueta mediante secado por aspersión.

Por otro lado, los datos obtenidos de humedad (Tabla II) indicaron que la concentración de la goma de mezquite no tuvo un efecto significativo en la humedad de los microencapsulados, ya que los resultados obtenidos no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$).

Tabla II. Rendimiento y humedad de los microencapsulados de flor de jamaica

g goma de mezquite/100 mL extracto	Rendimiento (%)	% Humedad (b.h)
1	73.3 ^a	2.99 ± 0.00 ^a
2	73.9 ^a	2.34 ± 0.34 ^a
3	74.9 ^a	2.01 ± 0.24 ^a
4	74.9 ^a	1.80 ± 0.00 ^a
5	71.3 ^a	2.30 ± 0.20 ^a

^a Letras iguales significan valores estadísticamente iguales, letras diferentes significan valores estadísticamente diferentes al 95% de confianza

1.2 Concentración de compuestos fenólicos

Los resultados del análisis estadístico (Fig. 1) mostraron que no existen diferencias significativas ($p>0.05$) en el contenido de compuestos fenólicos para cada uno de los microencapsulados; por lo tanto, es posible afirmar que la concentración de goma de mezquite no tuvo un efecto importante en el contenido de compuestos fenólicos y que por consiguiente tuvo el mismo efecto protector. Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos con los del extracto líquido empleado, se observó una importante reducción en el contenido de compuestos fenólicos de los microencapsulados. Estas pérdidas se pueden atribuir a la termosensibilidad que pueden presentar ciertos compuestos fenólicos a las altas temperaturas de procesamiento.

Desobry *et al.* (1997) observaron pérdidas del 11% en β-carotenos encapsulados con maltodextrinas. Cardona *et al.* (2009) reportaron pérdidas del 21.5 % de los compuestos fenólicos de uva Muscadinia en un proceso de secado por aspersión sin agente encapsulante. Al comparar los resultados de los estudios anteriores, es posible afirmar que el uso de un biopolímero protector en el secado por aspersión, puede reducir las pérdidas de los compuestos activos.

1.3 Concentración de antocianinas monoméricas totales

En la Fig. 2 es posible observar que en forma distinta de lo que ocurre con los compuestos fenólicos, las muestras presentan diferencias significativas ($p<0.05$) en el contenido de antocianinas monoméricas totales. De esta manera se podría afirmar que la de goma de mezquite tuvo un mayor efecto protector en ciertos microencapsulados que en otros, ya que los microencapsulados con 5 g de goma

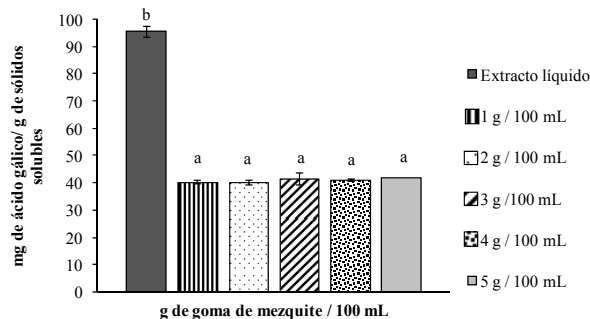


Fig. 1. Concentración de compuestos fenólicos de los microencapsulados de flor de jamaica con goma de mezquite (g goma de mezquite/100 mL de extracto)
^{a,b} Letras iguales significan valores estadísticamente iguales, letras diferentes significan valores estadísticamente diferentes al 95% de confianza

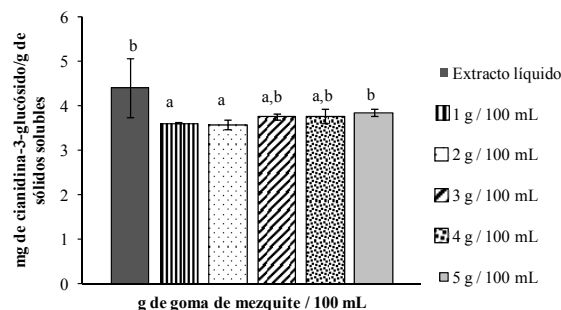


Fig. 2. Concentración de antocianinas monoméricas totales de los microencapsulados de flor de jamaica con goma de mezquite (g goma de mezquite/100 mL de extracto)
^{a,b} Letras iguales significan valores estadísticamente iguales, letras diferentes significan valores estadísticamente diferentes al 95% de confianza

tuvieron una concentración de antocianinas significativamente mayor que aquellos con 1 y 2 g de goma. No obstante, estas diferencias se mantienen en un intervalo estrecho.

Por otra parte, se observa que los microencapsulados conteniendo 3, 4 y 5 g de goma de mezquite no presentaron diferencias significativas en su concentración de antocianinas monoméricas totales, con respecto al extracto líquido. Esto puede deberse al efecto protector que ejerce la goma de mezquite sobre las antocianinas de la flor de jamaica. Cardona *et al.* observaron pérdidas del 30.3% de las antocianinas totales de uva Moscadina en un proceso de secado por aspersión sin el uso de un agente encapsulante.

1.4 Capacidad antioxidante

Los resultados de la actividad antioxidante de los microencapsulados mostraron un comportamiento distinto a los de los compuestos fenólicos y las antocianinas monoméricas totales. La actividad antioxidante de los extractos en polvo resultó ser significativamente mayor que la del extracto líquido (Fig. 3), por lo que puede afirmarse que hubo un efecto protector de la goma de mezquite sobre los compuestos funcionales.

La tendencia apreciada en la Fig. 3, indica que la mayor capacidad antioxidante la muestran los microencapsulados con menor concentración de goma (1 y 2 g de goma de mezquite), mientras que la menor actividad antioxidante la presentan los extractos en polvo con un mayor contenido de goma (4 y 5 g). Esto resulta un tanto contradictorio con los resultados obtenidos para las antocianinas monoméricas totales; sin embargo, es un indicador de que éstos compuestos no son los únicos responsables de la capacidad antioxidante de los microencapsulados.

Con el fin de explicar este comportamiento, se decidió evaluar la capacidad antioxidante de sólo la goma de mezquite, para observar si existía alguna contribución importante por parte de ésta. Para ello, se prepararon dos soluciones de goma de mezquite: una con 1 g de goma y otra con 5 g de goma de mezquite; éstas se deshidrataron mediante secado por aspersión usando las mismas condiciones que se usaron para los microencapsulados, y se realizaron las evaluaciones correspondientes a la capacidad antioxidante.

Se observó que para los polvos con 1 g de goma de mezquite se obtienen concentraciones de 99.22 μmol de Trolox/g de polvo de goma, mientras que para los polvos con 5 g de goma se obtienen concentraciones de 89.11 μmol de Trolox/g de polvo de goma. Con base en estos

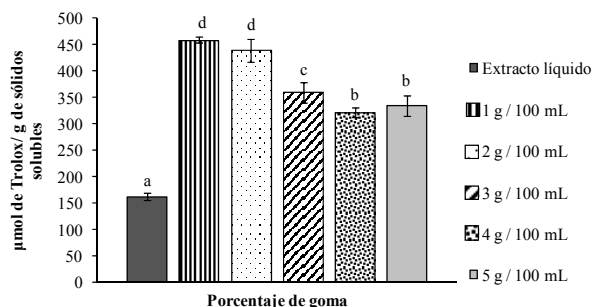


Fig. 3. Actividad antioxidante de los microencapsulados de flor de jamaica con goma de mezquite (g goma de mezquite/100 mL de extracto)
a,b,c Letras iguales significan valores estadísticamente iguales, letras diferentes significan valores estadísticamente diferentes al 95% de confianza

resultados, es posible afirmar que la goma de mezquite presenta cierto tipo de actividad antioxidante, debido a los taninos presentes en su estructura (López-Franco *et al.*, 2006); ya que los taninos forman parte de la familia de los compuestos fenólicos y, por lo tanto, poseen capacidad antioxidante (Vattem *et al.*, 2005).

2. Color

Con respecto a los resultados de los parámetros de color de los polvos en una prueba de reflectancia, los datos mostraron que no existen significativas ($p > 0.05$) para el parámetro (L). Los microencapsulados se mantienen dentro en un valor promedio de 40.3 ± 0.71 . Lo mismo ocurre para el parámetro a, en el que los valores obtenidos son estadísticamente iguales ($p > 0.05$), con un valor promedio de 31.93 ± 0.29 , lo que muestra que todos los polvos se mantienen alrededor de un mismo punto de la región roja. Con respecto al parámetro b, sí se observaron diferencias significativas entre las distintas concentraciones de goma; sin embargo, los valores positivos obtenidos para cada uno de los polvos indicaron que todos los microencapsulados presentan una mayor inclinación hacia la región amarilla que hacia la región azul. El tono y la pureza mostraron que los microencapsulados se mantienen dentro del mismo matiz rojo (0.28 ± 0.00) y

dentro de la misma intensidad (33.19 ± 0.3), por lo tanto, la concentración de goma no tuvo efecto alguno en estos parámetros colorimétricos.

Los resultados de las pruebas de transmitancia mostraron el comportamiento de los polvos en solución. Se observó que la mayor luminosidad la presentaron los polvos con 3 y 4 g de goma (30.54 ± 0.05 y 29.19 ± 0.34 , respectivamente), mientras que la menor luminosidad correspondió a los polvos con 1 y 5 g de goma (23.96 ± 0.66 y 24.05 ± 3.01 , respectivamente). Con respecto al parámetro a, los datos obtenidos indicaron que los polvos se mantienen en la región roja del espectro de color mientras están en solución. El mayor valor de este parámetro lo presentaron los microencapsulados con 2, 3 y 4 g de goma al ser estadísticamente iguales (38.50 ± 0.20 , 42.84 ± 0.28 y 40.37 ± 0.39 , respectivamente). El menor valor lo presentaron los polvos con 1 y 5 g de goma (36.02 ± 0.84 y 32.83 ± 3.83 , respectivamente). Para el parámetro b, se observó que aunque existen ciertas variaciones entre las muestras, éstas se mantienen en la región amarilla. Los valores mayores los presentaron los microencapsulados con 2, 3 y 4 g de goma (16.41 ± 0.09 , 18.66 ± 0.08 , 17.68 ± 0.21), mientras que se obtuvieron valores de 14.84 ± 0.40 y 14.56 ± 1.77 para los microencapsulados con 1 y 5 g de goma. Los resultados obtenidos para tono indicaron que los polvos se mantienen dentro del mismo matiz en solución, es decir, conservan su color rojo. En cambio, los resultados del parámetro de pureza indicaron que los microencapsulados con 3 g de goma presentan una mayor intensidad, un color más vivo cuando están en solución, mientras que los microencapsulados con 5 g de goma, presentan un menor matiz, ya que tienen un color más opaco cuando están en solución.

3. Estabilidad de los microencapsulados durante el almacenamiento

3.1 Evaluación de los compuestos fenólicos

La Fig. 4 muestra la estabilidad de los compuestos fenólicos con respecto al tiempo de almacenamiento. Los resultados del análisis estadístico indicaron que la concentración de goma afecta el contenido de compuestos fenólicos durante el almacenamiento; sin embargo, los valores se mantienen en un intervalo estrecho. Los resultados también indicaron que el tiempo es una variable que afecta la concentración de compuestos fenólicos, ya que se observan ciertas fluctuaciones en los valores. Sin embargo, comparando los puntos inicial y final de almacenamiento (días 4 y 37), se encuentra que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) para los microencapsulados con concentraciones de 1, 3 y 5 g de goma; y aunque sí las hubo para las muestras con 2 y 4 g de goma, los valores obtenidos variaron en un intervalo estrecho. En términos generales, puede considerarse que las variaciones observadas fueron debidas a la variabilidad propia del trabajo experimental y que los compuestos fenólicos microencapsulados se mantuvieron estables durante el almacenamiento.

3.2 Evaluación de las antocianinas monoméricas totales

En la Fig. 5 se presenta el comportamiento de las antocianinas monoméricas totales de los microencapsulados durante el almacenamiento. Al igual que para los compuestos fenólicos, se observa que existe una variación significativa ($p < 0.05$) en la concentración de antocianinas, debida al contenido de goma, pero que los valores fluctúan en un intervalo estrecho.

En cuanto al tiempo de almacenamiento también tuvo efecto significativo en la

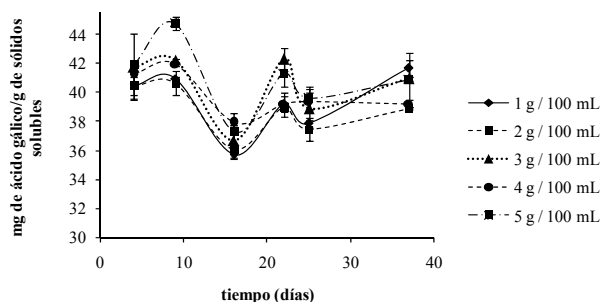


Fig. 4. Estabilidad de los compuestos fenólicos de los microencapsulados de flor de jamaica con goma de mezquite (g goma de mezquite / 100 mL de extracto) almacenados a 25°C en ausencia de luz

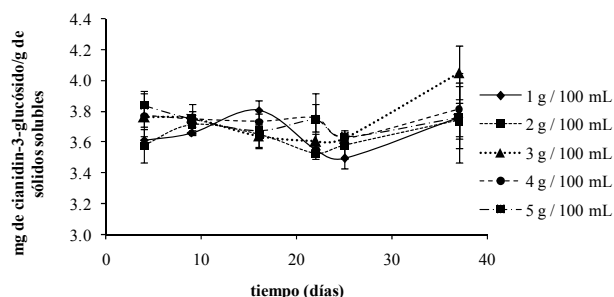


Fig. 5. Estabilidad de las antocianinas monoméricas totales de los microencapsulados de flor de jamaica con goma de mezquite (g goma/100 mL extracto) almacenados a 25°C en ausencia de luz

concentración de antocianinas; sin embargo, se observan ciertos incrementos y decrementos en los valores. Al comparar el contenido de antocianinas de los microencapsulados al inicio del almacenamiento, con el correspondiente al de los del final, se encuentra que no existe diferencia significativa entre ellas; por lo tanto, se puede afirmar que la concentración de todos los microencapsulados no cambió durante el almacenamiento. Esto puede deberse a que el agente encapsulante retarda la degradación de antocianinas (Duangmal *et al.*, 2008).

Ersus y Yurdagel (2007) evaluaron la estabilidad de pigmentos antociánicos de zanahoria negra en polvos microencapsulados con diferentes maltodextrinas mediante secado por aspersión. Los resultados de este estudio mostraron que el contenido de antocianinas disminuyó en un 19% al final de un periodo de almacenamiento de cinco semanas bajo

condiciones similares a las de este trabajo. Por lo tanto, podría considerarse que la goma de mezquite resulta ser más efectiva que algunos agentes encapsulantes convencionales, para la protección de antocianinas durante el almacenamiento.

3.3 Evaluación de la estabilidad de la capacidad antioxidante

La Fig. 6 ilustra el comportamiento de la capacidad antioxidante de los microencapsulados durante el almacenamiento. A diferencia de lo que ocurre con los compuestos fenólicos y las antocianinas, se observan importantes variaciones entre muestras con diferente contenido de goma al inicio del almacenamiento. Así mismo, se aprecia que el tiempo afecta significativamente la capacidad antioxidante de los microencapsulados, observándose fluctuaciones considerables en los valores obtenidos.

Al comparar el punto inicial y final del almacenamiento, los resultados indicaron que el microencapsulado con 2 g de goma posee la misma actividad antioxidante al inicio y al concluir el periodo de tiempo; mientras que para el resto de los microencapsulados, existen diferencias significativas entre ambos valores. También se observa que al finalizar el almacenamiento, la capacidad antioxidante del microencapsulado con 1 g de goma disminuye, contrario a lo que ocurre para las muestras con 3, 4 y 5 g de goma. Por lo tanto, la capacidad antioxidante no mostró una tendencia definida durante el almacenamiento.

Kuskoski *et al.* (2005b) señalan que la capacidad antioxidante de una mezcla no viene dada sólo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes; también depende de la interacción de los compuestos entre sí,

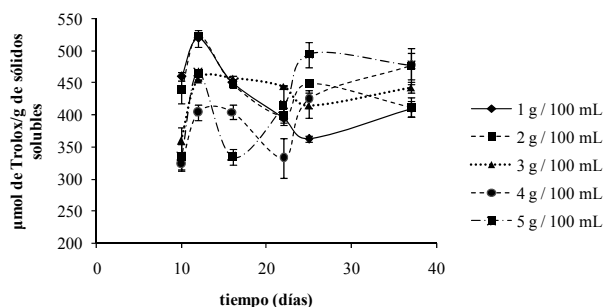


Fig. 6. Estabilidad de la capacidad antioxidante de los microencapsulados de flor de jamaica con goma de mezquite (g goma de mezquite/100 mL de extracto) almacenados a 25°C en ausencia de luz

pudiendo producir efectos sinérgicos o inhibitorios. Por lo tanto, el comportamiento mostrado en los primeros días del periodo de almacenamiento se podría atribuir a las interacciones tanino-antocianinas. Las reacciones de estabilización tienen, la mayoría de las veces, su origen en la formación entre antocianos y taninos para formar pigmentos estables. Las antocianinas bajo su forma catiónica, reaccionan con las posiciones negativas C6 ó C8 de los taninos, formando un flaveno incoloro, el cual, posteriormente se puede colorear de rojo en presencia de oxígeno, estableciéndose un estado de equilibrio entre ambas formas (Bautista, 2005). Por lo que interacciones tanino-antocianinas, pudieran estar produciendo una mayor capacidad antioxidante. Laine *et al.* (2008) observaron ligeros incrementos en la capacidad antioxidante de extractos microencapsulados de Mora de los pantanos durante el almacenamiento.

3.4 Evaluación de la estabilidad del color

De manera general, los resultados del análisis estadístico revelaron que los parámetros L, a y b se ven afectados ($p < 0.05$) por la concentración de goma y por el tiempo. No obstante, estas variaciones se mantuvieron en un margen muy pequeño. Por otra parte, al evaluar la diferencia neta de color (ΔE) para todas las muestras, se encontró que los valores oscilaban entre 0.83 y 1.79. De esta manera,

fue posible afirmar que el (ΔE) fue poco considerable y que el color de los microencapsulados se mantuvo estable con respecto al tiempo. Duangmal *et al.* (2008) observaron cambios en la pureza de polvos de flor de jamaica obtenidos por liofilización con maltodextrinas. Así mismo, Ersus y Yurdagel (2007) observaron un color café en los microencapsulados de zanahoria negra al concluir el almacenamiento. En ambos estudios los autores atribuyen dichas alteraciones a la degradación de antocianinas. En este caso las antocianinas se mantuvieron estables al término del almacenamiento, por lo que el color de los microencapsulados no se vio afectado.

Al evaluar el comportamiento de los parámetros colorimétricos al poner los microencapsulados en solución, el ANOVA indicó que los parámetros L, a y b se ven afectados ($p < 0.05$) por la concentración de goma.

Por otro lado, el comportamiento de las soluciones con respecto al tiempo fue evaluado mediante el cálculo de la diferencia neta de color (ΔE). Con base en los resultados obtenidos del análisis estadístico, se concluyó que el tiempo no afecta los parámetros colorimétricos de las muestras cuando se colocan en solución.

Conclusión

Los resultados de este estudio demostraron que el extracto de jamaica microencapsulado con goma de mezquite mantuvo una concentración de antocianinas similar a la del extracto líquido, y presentó una capacidad antioxidante superior. En cambio, los compuestos fenólicos fueron afectados negativamente como consecuencia de la microencapsulación. En cuanto al efecto del almacenamiento, la capacidad antioxidante de

los microencapsulados no mostró una tendencia definida, mientras que los compuestos fenólicos, y las antocianinas se mantuvieron estables. Para atribuir este comportamiento al efecto protector de la goma de mezquite, sería necesario evaluar la estabilidad de un extracto en polvo no microencapsulado, obtenido por deshidratación a las mismas condiciones que las del extracto microencapsulado. El uso de la goma de mezquite representa una alternativa más económica respecto a los agentes encapsulantes convencionales y una oportunidad de aprovechamiento de un recurso nacional.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento de esta investigación como parte del proyecto "Extracción, caracterización y funcionalidad de compuestos de origen vegetal obtenidos de materiales mexicanos empleados como condimentos. Obtención de agentes antimicrobianos, antioxidantes e ingredientes funcionales".

Referencias

- A.O.A.C. 2000. *Official methods of Analysis of A.O.A.C International: Food Composition, Additives, Natural Contaminants*. Gaithersburg, Maryland. EE.UU. 2000 p.
- Ali-Bradeldin, H., Al-Wabel, N. y Gerald, B. 2005. Phytochemical, pharmacological and toxicological aspects of *Hibiscus sabdariffa* L: A review. *Phytotherapy Research*. 19:369–375.
- Bautista, A.B. 2005. Técnicas enológicas para la obtención de vinos de Monastrell de alto contenido polifenólico. Tesis de Doctorado. Universidad de Murcia. España.
- Beristain, C., Azuara, E. y Vernon, E. 2002. Effect of water activity on the stability to oxidation of spray-dried encapsulated orange peel oil using mesquite

- gum (*Prosopis juliflora*) as wall material. *Journal of Food Science*. 67:206-211.
- Cardona, J.A., Hee Lee, J. y Talcott S.T. 2009. Color and Polyphenolic Stability in Extracts produced from Muscadine grape (*Vitis rotundifolia*) pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57:8421-8425.
- Christian, K.R., Nair, M.G. y Jackson, J.C. 2006. Antioxidant and cyclooxygenase inhibitory activity of sorrel (*Hibiscus sabdariffa*). *Journal of Food Composition and Analysis*. 19:778-783.
- Desobry, S., Netto, F. y Labuza, T. 1997. Comparison of spray-drying, drum drying and freeze drying for β -carotene encapsulation and preservation. *Journal of Food Science*. 62(6):1158-1162.
- Duangmal, K., Saicheva, B. y Sueeprasan, S. 2008. Colour evaluation of freeze-dried roselle extract as a natural food colorant in a model system of a drink. *Food Science and Technology*. 41(8):1437-1445.
- El-Saadany, S.S., Sitohy, M.Z., Labib, S.M. y El-Massry, R.A. 1991. Biochemical dynamics and hypocholesterolemic action of *Hibiscus sabdariffa* (Karkade). *Die Nahrung*. 35(6):567-576.
- Ersus, S. y Yurdagel, U. 2007. Microencapsulation of anthocyanins pigments of black carrot (*Daucus carota*) by spray drier. *Journal of Food Engineering*. 80:805-812.
- Faudale, M., Viladomat, F., Bastida, J., Poli, F. y Codina, C. 2008. Antioxidant Activity and phenolic composition of wild, edible, and medicinal fennel from different mediterranean countries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56:1912-1920.
- Garzón, G. 2008. Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biológica Colombiana*. 13(3):27-36.
- Giusti, M. y Wroslstad, R. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. En: R.E., Wroslstad, T.E., Acree, E.A., Decker, M.H., Penner, D.S., Reid, S.J., Schwart, C.F., Shoemaker, D.M., Smith y P. Sporns (Eds.) *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. John Wiley and Sons, Inc. EE.UU. pp. F1.2.1-F1.2.13.
- Hirunpanich, V., Utaipat, A., Morales, N.P., Bunyaphrathasara, N., Sato H., Herunsalee, A. y Suthisisang, C. 2005. Antioxidant effects of aqueous extracts from dried calyx of *Hibiscus sabdariffa* L. (Roselle) in vitro using rat low-density lipoprotein (LDL). *Biological and Pharmaceutical Bulletin*. 28(3):481-484.
- Kuskoski, M., Asuero, A., García-Parrilla, M., Troncoso, A. y Fett, R. 2004a. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* (México). 24(4): 691-693.
- Kuskoski, M.E., Asuero, A.G., Troncoso, A.M., Mancini-Filho, J. y Fett, R. 2005b. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* (México). 25(4):726-732.
- Laine, P., Kylli, P., Heinonen, M. y Jouppila, K. 2008. Storage stability of microencapsulated cloudberry (*Rubus chamaemorus*) phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56:11251-11261.
- López-Franco, Y.L., Goycoolea, F.M., Valdez, M.A. y Calderón, A.M. 2006. Goma de mezquite: una alternativa de uso industrial. *Interciencia*. 3(31):183-189.
- Marquez-Vizcaino, R.L., De La Rosa-Torres, C., Agosto-Rivero, C. y Medina-Montes, M. 2007. Actividad diurética del extracto total acuoso de los cálices de *Hibiscus sabdariffa* L. administrado en ratas albinas variedad wistar. *Scientia et Technica*. (33)377-381.
- Pedroza-Islas, R. 2002. Alimentos Microencapsulados: Particularidades de los procesos para la microencapsulación de alimentos para larvas de especies acuícolas. En: L. E., Cruz-Suárez, D., Ricque-Marie, M., Tapia-Salazar, M.G., Gaxiola-Cortés y N., Simoes (Eds.). *Avances en Nutrición Acuícola VI*. Memorias del VI Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Cancún, Quintana Roo, México. Septiembre 2-6.
- Pouget, M.P., Vennat, B. y Pourrat, A. 1990. Identification of anthocyanins of *Hibiscus sabdariffa* L. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*. 23:101-102.
- Prenesti, E., Berto, S., Daniele, P.G. y Toso, S. 2007. Antioxidant power quantification of decoction and cold infusions of *Hibiscus sabdariffa* flowers. *Food Chemistry*. 100:433-438.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Annala, A., Yang, M. y Rice-Evans, C. 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology Medicine*. 26:1231-1237.
- Reanmongkol, W. y Itharat A. 2007. Antipyretic activity of the extracts of *Hibiscus sabdariffa*

- calyces L. in experimental animals. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 29:29-38.
- Robert, P., Carlsson, R.M., Romero, N. y Masson, L. 2003. Stability of spray-dried encapsulated carotenoid pigments from Rosa Mosqueta (*Rosa rubiginosa*) oleoresin. *Journal of the American Oil Chemist's Society*. 80(11):1115-1120.
- Salazar-González, C. 2009. Evaluación de agentes antioxidantes en extractos de flor de jamaica y aceite esencial de laurel. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla. México.
- Simonetti, G. 1994. *Guía de Hierbas y Especies*. Ediciones Grijalbo S.A. Barcelona, España. 170 p.
- Singleton, V.L. y Rossi, J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16(3):144-158.
- Vattem, D.A., Ghaedian, R. y Kalidas, S. 2005. Enhancing health benefits of berries through phenolic antioxidant enrichment: focus on cranberry. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 14(2):120-130.
- Wong, P., Yusof, S., Ghazali, H.M y Che Man, Y.B. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Nutrition and Food Science*. 32(2):68-73.
- Yanishlieva, N. 2001. Inhibición de la oxidación. En: J., Pokorny, J., N., Yanishlieva, y M., Gordon. (Eds). *Antioxidantes de los Alimentos Aplicaciones Prácticas*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. pp. 185-189.
- Yun-Ching, C., Kai-Xun, H., An-Chun, H., Yung-Chyuan, H. y Chau-Jong, W. 2006. Hibiscus anthocyanins-rich extract inhibited LDL oxidation and oxLDL-mediated macrophages apoptosis. *Food and Chemical Toxicology*. 44:1015-1023.