

Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de una bebida de *Borojoa patinoi* Cuatrecasas

[Effect of storage conditions on color, polyphenol content and antioxidant capacity of a *Borojoa patinoi* Cuatrecasas beverage]

Gustavo Adolfo CAMELO-MÉNDEZ^{1,2} & Luz Indira SOTELO DÍAZ²

¹Centro de Desarrollo de Productos Bióticos/Instituto Politécnico Nacional Carretera Yautepec-Jojuta. C. P. 62731, Morelos, México.

²Grupo Procesos Agroindustriales. Ingeniería de Producción Agroindustrial. Universidad de La Sabana. Campus Universitario del Puente del Común, Km. 7, Autopista Norte de Bogotá Colombia..

Contactos / Contacts: Luz SOTELO - E-mail address: indira.sotelo@unisabana.edu.co

Abstract

In Latin America, popular tradition in some places have been attributed properties to borojó fruit, making it a potential source for the design and development of a functional product, but there is little scientific literature reference biological activity of this fruit. The aim of this study was to evaluate color changes, polyphenol content and antioxidant capacity of borojo (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas) pulp beverage without chemical preservatives, it was stored at 4° C, 17° C and 37° C for 17 days. Coordinate a* was adjusted to zero order kinetics and the total polyphenol content (TP) and the antioxidant capacity (CA) had adjustments to first-order kinetics, suggesting a linear correlation between the degradation rates. The results showed that beverage storage at 4°C allowed a better retention of color changes, polyphenols and antioxidant compounds in nature, compared with the other storage temperatures.

Keywords: borojó drink, color changes, polyphenols, antioxidant capacity, storage conditions.

Resumen

En Latinoamérica, la tradición popular en algunas poblaciones le han atribuido al fruto del borojó propiedades, que lo hacen fuente potencial para el diseño y desarrollo de productos de carácter funcional; sin embargo es poca la literatura científica aún, que referencia alguna actividad biológica de este fruto. El objetivo de este trabajo fue evaluar los cambios de color, el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de una bebida de pulpa de borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas.) sin conservantes químicos, ésta fue almacenada a 4° C, 17° C, y 37° C durante 17 días. En color la coordenada a* se ajustó a una cinética de orden cero; el contenido de polifenoles totales (PT) y la capacidad antioxidante (CA) presentaron ajustes a una cinética de primer orden, sugiriendo una correlación lineal entre las velocidades de degradación. Los resultados obtenidos indicaron que el almacenamiento de la bebida a 4° C permitió una mejor retención en los cambios de color, polifenoles y compuestos de carácter antioxidante, en comparación con las demás temperaturas de almacenamiento.

Palabras Clave: Bebida de borojó, cambios de color, polifenoles, capacidad antioxidante, condiciones de almacenamiento.

Recibido | Received: 20 de Noviembre de 2011.

Aceptado en versión corregida | Accepted in revised form: 31 de Enero de 2012.

Publicado en línea | Published online: 30 de Marzo de 2012.

Declaración de intereses | Declaration of interests: Los autores agradecen al Fondo Patrimonial Especial de la Universidad de La Sabana por su apoyo financiero en el desarrollo de esta investigación por el proyecto ING-047

Este artículo puede ser citado como / This article must be cited as: Gustavo A Camelo-Mendez, Luz I Sotelo. 2012. Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre el color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante de una bebida de *Borojoa patinoi* Cuatrecasas. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 11(2): 196 – 205.

Abreviaciones: PT – polifenoles totales, CA – capacidad antioxidante, AG – ácido gálico.

INTRODUCCIÓN

Borojoa patinoi Cuatrecasas (Rubiáceas), es una planta arbórea de 3 a 5 m de altura de tallo erecto, leñoso y hojas decusadas, de clima tropical y subtropical, originario del sotobosque selvático del departamento del Chocó, zona del pacífico colombiano y de las selvas amazónicas. Su fruto es una baya de 7 a 12 cm de diámetro, inicialmente durante su etapa de maduración posee un color verde y posteriormente cambia a color café (Figura 1) (Giraldo *et al.*, 2004), el 88% de su peso corresponde a la pulpa, posee un promedio de 730 semillas por fruto. La pulpa de borojó es ácida y densa, está constituida por mesocarpio y endocarpio, sin separación aparente con la cáscara. Es altamente energética y nutritiva, contiene un alto contenido de sólidos solubles, proteínas, aminoácidos y minerales (Leterme *et al.*, 2006).

Figura 1
Fruto de borojó en completo estado de maduración.



En la medicina tradicional de las comunidades rurales del Chocó, este fruto se usa como cicatrizante, para embalsamar cadáveres, aumentar la actividad sexual y para la cura de algunas enfermedades. Sin embargo, la literatura científica de este fruto es limitada. Sotelo *et al.*, (2010) reportaron la presencia cualitativa de compuestos fenólicos y triperpenos; además de un contenido de polifenoles entre 600 y 800 mg ácido gálico/100 g y actividad antimicrobiana frente a

bacterias patógenas como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Estos resultados sugieren que las propiedades de este fruto permiten desarrollar productos de carácter funcional como bebidas (Salamanca *et al.*, 2010), salsas (Millán *et al.*, 2010) y productos en polvo (Mosquera *et al.*, 2005; 2010).

Las bebidas de frutas han tenido un incremento significativo en la industria de productos naturales (Derossi *et al.*, 2010), debido al interés de los consumidores que cada vez son más exigentes, en cuanto al reconocimiento actual de los alimentos como agentes “protectores” de la salud según sus propiedades funcionales (Bartolomé *et al.*, 1998), nutritivas y por los beneficios otorgados al consumo de estos (Waterhouse, 2005); siendo considerados como alimentos funcionales debido a sus propiedades antioxidantes (Bartolomé *et al.*, 1998, Bermúdez-Soto y Tomas-Barberan, 2004). Adicionalmente se ha indicado que una ingesta diaria rica en alimentos con alto contenido de polifenoles (ácidos fenólicos, flavonoides, monómeros catequina, proantocianidinas, flavonas, flavanonas, antocianinas), puede disminuir el riesgo de mortalidad prematura de las principales condiciones clínicas incluyendo cáncer y enfermedades del corazón (Waterhouse, 2005).

En cuanto al consumo de bebidas de frutas, algunos estudios han revelado que el color de las bebidas en general está relacionado con la percepción del consumidor y con las características como sabor y dulzor. El color es un indicador de la transformación natural de un alimento fresco (maduración) y de los cambios que se producen durante su almacenamiento o transformación industrial (Wu *et al.*, 2010), siendo este el factor de primera calidad que el consumidor aprecia teniendo un alto efecto sobre la aceptación incidiendo drásticamente en sus preferencias (Adekunte *et al.*, 2010).

En los productos alimenticios la acumulación de color marrón durante el tratamiento térmico se debe al pardeamiento no enzimático (Namiki, 1988). Estos cambios se deben a reacciones de caramelización, degradación de ácido ascórbico, vitaminas, pigmentos y compuestos antioxidantes (Burdurlu and Karadeniz, 2003); por lo que la modelación de estos fenómenos ha sido de suma importancia para la producción de zumos o bebidas de frutas, ya que la velocidad de degradación de los

compuestos activos permite determinar las condiciones de almacenamiento que pueden evitar el deterioro y la disminución de la calidad de las propiedades funcionales de los productos. En este sentido, en jugos de naranja se ha calculado el tiempo necesario para reducir la concentración de compuestos activos en un 90% (valor D), además de la temperatura necesaria para reducir un ciclo logarítmico este tipo de compuestos (Fратиanni *et al.*, 2010).

El fruto del borojó presenta características funcionales potenciales para el desarrollo de productos, siendo el objetivo de este trabajo analizar los cambios de color, el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante de una bebida a partir de pulpa de borojó sin conservantes químicos bajo diferentes condiciones de temperatura y tiempo de almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

La bebida se elaboró a partir de fruto de borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas.), en completo estado de maduración. Adquirido en un mercado local de (Cundinamarca, Colombia). Las semillas fueron retiradas del fruto manualmente. La bebida se elaboró a partir de la pulpa (25 g) sin conservantes químicos, y con adición de agua (100 mL), aplicando un tratamiento térmico de 70° C durante 3 minutos. Ésta fue almacenada bajo tres condiciones: 4° C, 17° C, y 37° C en botellas de vidrio color ámbar. Para cada tratamiento fueron evaluados los parámetros de color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante. Los reactivos usados en este trabajo fueron ácido gálico, DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl), y carbonato de sodio adquiridos de Sigma (Sigma-Aldrich, USA), Trolox (análogo de α -Tocoferol) y reactivo de Folin-Ciocalteu fueron obtenidos de Merk (Steinheim, Alemania).

Determinación de color

La determinación de los cambios de color se realizó espectrofotométricamente usando una esfera integradora de color Varian-Cary 100. Los parámetros evaluados fueron: L* (luminosidad), a* (+ rojo, - verde), b* (+ amarillo, -azul), croma o saturación (C*, Ec. (1)), hue (color/tono, Ec. (2)).

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

$$H^\circ = A \tan\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad (2)$$

Extracción de polifenoles

La extracción de polifenoles de la bebida se realizó mediante centrifugación con metanol 80% (v/v) en relación 1:3 (bebida: solvente), en una centrífuga Hettich Universal 32R a 2500 RPM a 4° C por 20 minutos, el sobrenadante fue usado para la cuantificación de los polifenoles y capacidad antioxidante. Este procedimiento permitió una mayor extracción de polifenoles presentes en la pulpa, ya que por sus características físico-químicas, no se encuentran originalmente en la fase acuosa de la bebida, pero que son parte de la misma.

Cuantificación de polifenoles totales (PT)

El contenido de polifenoles fue determinado por espectrofotometría siguiendo la metodología propuesta por Singleton y Rossi (1965) y seguida por (Ricco *et al.*, 2010; Vogel *et al.*, 2010; Cervantes-Cardoza *et al.*, 2010; Ricco *et al.*, 2011; García Rodríguez *et al.*, 2011). En un balón aforado de 25 mL, se adicionó 1 ml del extracto de polifenoles, 5 mL de agua destilada y 1 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu. Después de cinco minutos de reacción, se adicionó 1 mL de carbonato de sodio al 7% y se aforó a 25 mL con agua destilada; se dejó reaccionar por 90 minutos alejado de la luz. La determinación se realizó a una longitud de onda de 750 nm en un espectrofotómetro Varian-Cary 100 UV-Vis, el contenido de polifenoles se expresó en mg de ácido gálico (AG) / 100 g de bebida.

Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante fue calculada por la inhibición de radicales libres DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) siguiendo el método propuesto por Brand-Williams *et al.*, (1995) con algunas modificaciones. A 1850 μ L de una solución de DPPH (0.1M) se le adicionó 150 μ L del extracto de polifenoles, realizando una medición por espectrofotometría a los 16 minutos de reacción, se realizó una curva estándar en mM Trolox.

Consideraciones cinéticas

Se evaluó la cinética de degradación de polifenoles y de la capacidad antioxidante calculada mediante la velocidad de reacción (van den Broeck *et al.*, 1998). A estas degradaciones térmicas, se le asignó un índice de primer orden, indicando un orden logarítmico de la inactivación, matemáticamente expresado por la Ec. (3):

$$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -kt \quad (3)$$

Donde A representa la concentración residual de compuestos activos (mg/100 mL), A_0 representa la concentración inicial de los compuestos, t y k representan el tiempo (días) y velocidad de reacción constante (1/días) respectivamente. Se determinaron los valores cinéticos propuestos por Fratianni *et al.*, (2010) para compuestos activos. Siendo el valor D, el tiempo necesario para reducir la concentración de polifenoles y capacidad antioxidante de la bebida en un 90%, relacionado con las constantes de velocidad de reacción por $D = 2.303/k$. Los valores de z, representan la temperatura necesaria para una reducción de un ciclo logarítmico el valor D; siendo determinados a partir de regresiones lineales log (D) en función con la temperatura.

Análisis estadístico

Los resultados de los cambios en los parámetros de color, contenido de polifenoles y capacidad antioxidante fueron expresados por promedio \pm desviación estándar. El análisis estadístico se realizó con muestras por duplicado en una comparación por ANOVA con un nivel de confianza del 95% ($P <$

0.05), usando el programa estadístico SPSS Statistics® 17.0 versión 17.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios de color

La evolución en los parámetros de color de la bebida de borojó durante 17 días de almacenamiento en las diferentes condiciones de temperatura, se muestran en la Tabla 1. La coordenada b^* presentó diferencias significativas ($\alpha < 0.05$) por efecto del día y la temperatura de almacenamiento, el cambio se presentó principalmente desde el tono rojo que viró a tonos azules; mientras que la coordenada L_{ab}^* disminuyó presentando diferencias en luminosidad por efecto del día de almacenamiento. Los valores de a^* también disminuyeron, adquiriendo una coloración marrón; mientras que la coordenada h_{ab}^* presentó un aumento en las condiciones de tiempo y temperatura. Se hizo evidente una marcada coloración parda en la bebida a condiciones de 37° C y 17 días de almacenamiento. En este producto, el oscurecimiento general presentado podría indicar el efecto de reacciones no enzimáticas como la reacción de Maillard que es producida entre los azúcares reductores y aminoácidos (Burdurlu and Karadeniz, 2003; Namiki, 1988).

Tabla 1

Promedios y desviaciones estándar para los cambios de color de una bebida de Borojó durante 17 días de almacenamiento a tres condiciones de temperatura

Días	L* (luminosidad)	a* (+ rojo, - verde)	b* (+ amarillo, -azul)	C* (croma)	h* (color/tono)
Almacenamiento a 4° C					
0	76.41±1.07	17.03±0.21	22.97±1.39	28.59±1.22	54.40±0.11
1	87.65±0.38	13.58±0.67	21.41±0.25	23.25±0.25	67.01±0.16
3	76.88±2.84	12.82±0.58	28.53±0.88	30.88±1.13	67.51±0.80
7	81.12±0.63	11.43±0.67	25.19±0.00	27.45±0.02	66.05±0.77
10	78.29±1.36	10.64±0.38	25.88±1.07	27.98±1.13	67.64±0.12
14	82.62±0.06	9.20±0.06	23.76±0.05	25.48±0.01	68.84±0.14
17	81.63±4.36	8.78±0.30	26.59±0.05	28.00±0.14	71.72±0.54
Almacenamiento a 17° C					
0	76.41±1.07	17.03±0.21	22.97±1.39	28.59±1.22	54.40±0.11
1	77.72±7.73	11.94±0.12	27.97±0.45	32.96±1.12	66.68±0.12
3	72.13±2.43	11.29±0.82	32.67±0.65	35.66±0.35	66.38±1.29
7	79.54±0.16	9.47±0.07	26.80±0.02	28.42±0.04	70.04±0.82
10	74.15±1.72	8.37±0.42	29.22±2.52	31.37±3.23	69.68±1.36
14	74.34±1.11	8.04±0.69	29.33±0.97	31.00±1.15	71.11±0.68
17	75.98±0.30	7.10±0.29	24.46±0.87	25.47±0.91	73.82±0.09
Almacenamiento a 37° C					
0	76.41±1.07	17.03±0.21	22.97±1.39	28.59±1.22	54.40±0.11
1	82.19±0.15	9.06±0.08	27.64±0.20	30.41±0.46	71.86±0.02
3	77.02±2.53	8.12±0.65	29.77±1.09	30.86±1.23	74.76±0.63
7	77.43±0.46	6.43±0.11	29.74±0.06	30.61±0.33	77.30±0.88
10	79.99±0.79	5.76±0.40	25.26±0.74	25.62±0.78	80.42±0.40
14	79.68±0.43	4.52±0.30	27.71±0.67	28.08±0.71	80.74±0.38

17 70.76±0.50 4.03±0.07 26.28±0.09 26.59±0.10 81.29±0.13

Los valores obtenidos para los cambios de color en la bebida fueron analizados inicialmente con ecuaciones cinéticas de orden cero y uno siguiendo lo propuesto por Cortés y Chiralt (2008). Los modelos cinéticos se detallan en la Tabla 2 en donde las constantes cinéticas (K^0 y K^1) varían con el incremento de la temperatura y tiempo de almacenamiento. El parámetro a^* se ajustó mejor a una cinética de orden cero mientras que el resto de parámetros no tuvieron un ajuste aceptable (0.648-

0.875). Diversos autores han identificado coeficientes de regresión mayores en procesos de pardeamiento no enzimático de manzanas deshidratadas: 0.221 y 0.977 (Cortés y Chiralt, 2008), deshidratadas al vacío: 0.89 y 0.99 (Acevedo *et al.*, 2008), kiwi deshidratado por aire caliente y por microondas ($R^2 \geq 0.95$) (Mascan, 2001) y pardeamiento enzimático para bananas ($L^*= 0.95$; $b^*= 0.94$) (Quevedo *et al.*, 2009).

Tabla2
Ajustes cinéticos de primer y orden cero de L^* , a^* , b^* , C_{ab}^* y h_{ab}^* .

Parámetro de color	Temperatura	Orden cero			Primer orden	
		K^0 (min-1)	C_0	R^2	K^1 (min-1)	R^2
L^*	4° C	0.001	1.048	0.015	0.004	-0.390
	17° C	0.000	0.996	0.022	-0.001	0.001
	37° C	-0.003	1.040	0.197	0.000	-0.110
a^*	4° C	-0.023	0.875	0.853	-0.044	0.772
	17° C	-0.026	0.808	0.748	-0.059	0.603
	37° C	-0.032	0.698	0.648	-0.098	0.556
b^*	4° C	0.005	1.044	0.114	0.008	0.064
	17° C	0.000	1.208	0.001	0.014	-1.080
	37° C	0.001	1.170	0.003	0.013	-1.230
C_{ab}^*	4° C	0.000	0.960	0.001	-0.003	-0.120
	17° C	-0.009	1.133	0.253	0.001	-0.320
	37° C	-0.007	1.056	0.422	-0.002	0.159
h_{ab}^*	4° C	0.010	1.136	0.486	0.019	-0.450
	17° C	0.013	1.137	0.621	0.021	-0.140
	37° C	0.002	1.216	0.585	0.031	-0.270

K_0 , K_1 : constantes cinéticas de los modelos de orden cero y primer orden.

C_0 : Constantes de ecuación orden cero.

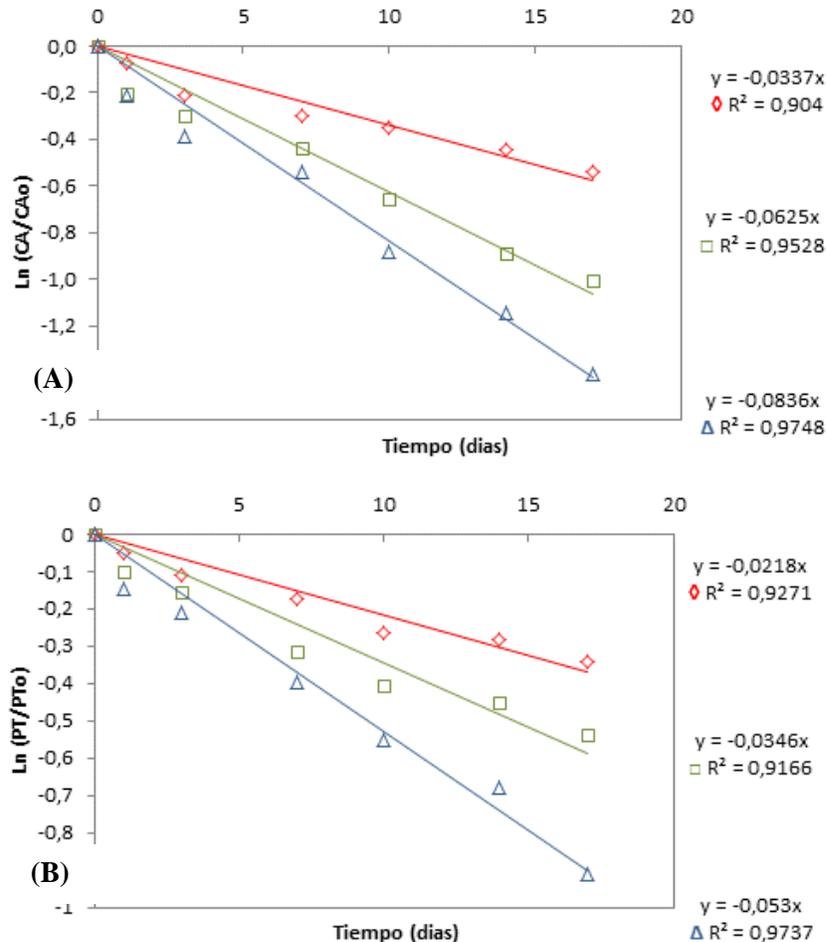
Cambios en el contenido de Polifenoles y Capacidad Antioxidante

La degradación de los compuestos de carácter funcional se muestran como el logaritmo natural en función de la retención de polifenoles (Figura 2A) y de la capacidad antioxidante (Figura 2B). Se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$), con respecto a los valores iniciales tanto para CA como para PT así, a partir del día 1 hubo una disminución del 41,52%, 63,33% y 75,45% para la CA y a partir

del día 7 para PT; se encontraron pérdidas del 28,88%, 41,49%, 59,85% para las temperaturas 4° C, 17° C y 37° C respectivamente. Los valores de degradación térmica de estos compuestos presentaron ajustes aceptables a una cinética de primer orden, sin embargo se encontró una mayor velocidad de degradación para los polifenoles y para la capacidad antioxidante a una temperatura de almacenamiento de 37° C, de -0.053 y de -0.0836 días⁻¹, con coeficientes de correlación de 0.9737 y 0.9748 respectivamente.

Figura 2

Log de la retención de la capacidad antioxidante (CA/CAo) (A) y de los polifenoles totales (PT/PTo) (B) de una bebida de borojó almacenada a diferentes condiciones de almacenamiento (\diamond 4 C, \square 17 C, \triangle 37 C)



Estos valores hacen evidente que la degradación térmica de los polifenoles totales presentan una cinética de primer orden, tal como lo han propuesto otros autores para la pérdida de compuestos bioactivos (van den Broeck *et al.*, 1998; Fratianni *et al.*, 2010), antocianinas en fresas (Verbeyst *et al.*, 2010), ácido ascórbico en jugo de naranja (Zanoni *et al.*, 2005), espinacas, fr joles verdes y peras en diferentes condiciones de almacenamiento (Giannakourou and Taoukis, 2003). Los resultados de la disminución en la actividad antioxidante pueden ser debidos a que compuestos inhibidores de radicales libres DPPH son susceptibles a la oxidación y lixiviación en soluciones de envasado y en condiciones de almacenamiento (Wu *et al.*, 2010).

Las temperaturas elevadas de almacenamiento para la bebida de borojó, podrían acelerar la degradación oxidativa de los polifenoles y de esta forma la actividad antioxidante, resultados similares han sido reportados para bebida de mora según lo publicado por Wu *et al.*, (2010). En este sentido, diversos estudios indican que los tratamientos de procesamiento térmico y el almacenamiento no refrigerado afectan directamente los parámetros fisicoquímicos y de esta forma los compuestos bioactivos e intrínsecamente la capacidad antioxidante de diferentes productos (van den Broeck *et al.*, 1998; Fratianni *et al.*, 2010; Wu *et al.*, 2010).

Investigadores como (Jiménez-Escrig *et al.*, 2001; Nakai *et al.*, 2006; Choi *et al.*, 2010), han relacionado la capacidad antioxidante dependiente

del contenido de fenoles totales, en donde los productos con alto contenido de polifenoles poseen una alta capacidad antioxidante. Adicionalmente, Velioglu *et al.*, (1998) mostraron una correlación significativa entre el contenido de fenoles y la capacidad antioxidante en frutas, vegetales y cereales. En contraste, el comportamiento cinético encontrado puede ser diferente a otras bebidas o productos debido a las diferencias en la composición fenólica y/o actividad polifenoloxidasas de las frutas (Wu *et*

al., 2010). En la figura 3, se graficó la relación de la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales de la bebida de borjón, se presentó una correlación lineal entre la degradación de estos compuestos con coeficientes superiores a 0.97 (Tabla 3); indicando que la disminución de la actividad antioxidante podría estar relacionada con un bajo contenido de compuestos fenólicos presente en la bebida almacenada en temperaturas superiores a 4° C.

Figura 3

Relación de degradación la capacidad antioxidante en función del contenido de polifenoles de una bebida de borjón bajo diferentes condiciones de almacenamiento (◊4° C, ◻17° C, ◻37° C).

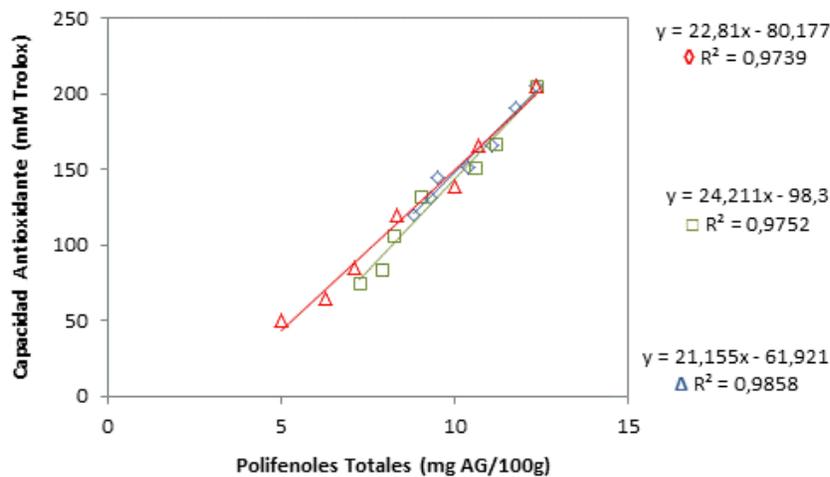


Tabla 3

Valores cinéticos de la relación de degradación la capacidad antioxidante en función del contenido de polifenoles de una bebida de borjón.

Temperatura	Capacidad antioxidante vs. Polifenoles totales	
	R ²	Velocidad de degradación
4° C	0.9739	-80.177
17° C	0.9752	-98.3
37° C	0.9858	-61.921

Las condiciones de tiempo y temperatura de almacenamiento afectan significativamente el contenido total de polifenoles determinados por el método de Folin-Ciocalteu (Klimczak *et al.*, 2007), este método ha demostrado ser una herramienta útil de análisis, para las determinaciones de rutina de polifenoles ya que ha sido ampliamente utilizado en frutas, vegetales y diferentes productos por varios laboratorios (Bartolomé *et al.*, 1998). Su uso es importante para determinar los efectos durante las condiciones de almacenamiento, sugiriendo que

algunos de los compuestos que se forman, reaccionan con el reactivo de Folin-Ciocalteu afectando significativamente el contenido total de los compuestos fenólicos (Vinson *et al.*, 2001).

En el orden de entender mejor el efecto de la temperatura en la degradación de los polifenoles y de la capacidad antioxidante, se calculó el tiempo de reducción decimal (valor D) a 4° C, 17° C y a 37° C. Los coeficientes de correlación R² para los valores D se encuentran entre 0.904 y 0.974 (Tabla 4). En este estudio el valor z para polifenoles fue de 85,58° C y

para la capacidad antioxidante fue de 91,27° C con coeficientes de correlación R² de 0,979 y 0,894 respectivamente, determinando de esta forma que este es el valor de temperatura necesario para una reducción de un ciclo logarítmico el valor D, son valores superiores a los reportados por Fratianni *et*

al., (2010) para carotenoides (14,2° C), β-caroteno (10,9° C) y anteraxantina (16,7° C), estos valores podrían indicar que los compuestos polifenólicos responsables de la capacidad antioxidante de la bebida de borojó tienen una mayor resistencia térmica.

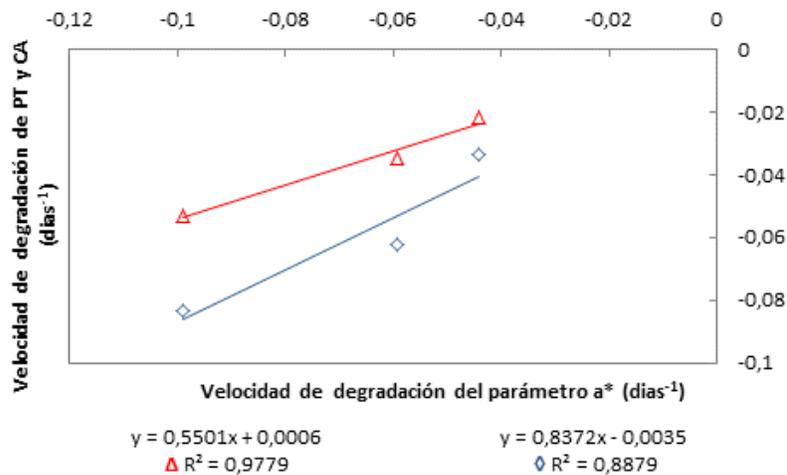
Tabla 4
Valores cinéticos de temperatura (D y z) para una bebida de borojó a diferentes condiciones de almacenamiento.

Compuesto	4° C		17° C		37° C		Valor z (°C)	R ²
	Valor D (min)	R ²	Valor D (min)	R ²	Valor D (min)	R ²		
Polifenoles Totales (mg AG/100g)	109.67	0.927	67.64	0.916	43.45	0.973	85.58	0.979
Capacidad Antioxidante (mM Trolox)	69.79	0.904	37.15	0.952	27.75	0.974	91.27	0.894

Al relacionar la degradación térmica de los compuestos fenólicos con la capacidad antioxidante, en función del oscurecimiento de la bebida hacia las tonalidades pardas-marrón durante las condiciones de almacenamiento; se presenta una relación directa (Figura 4), en donde las velocidades de degradación

de la coordenada a*, el contenido de PT y de CA, presentan valores de correlación superiores a 0.8879 sugiriendo que la degradación térmica de estos compuestos podría estar relacionada con los cambios de color de rojo a verde de la bebida de borojó.

Figura 4
Relación de las velocidades de reacción de Polifenoles Totales (PT) y Capacidad Antioxidante (CA) en función de la velocidad de degradación del parámetro a*.



CONCLUSIONES

Con este estudio se contribuyó al conocimiento del comportamineto de algunos compuestos funcionales presentes en el fruto de borojó utilizado para obtener una bebida; permitiendo evaluar las condiciones de

almacenamiento en las que se presentaron degradaciones de color y de polifenoles, asumiendo estas degradaciones como una reacción de orden cero para la coordenada a* y de primer orden para los compuestos fenólicos. Se encontró que la temperatura

de 37°C presentó valores superiores de velocidad de degradación térmica. Adicionalmente, se determinó una relación directa entre el contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de la bebida de borojó, indicando que la degradación de estos compuestos podrían relacionarse con el oscurecimiento hacia las tonalidades pardas-marrón. Los valores obtenidos a 4° C sugieren que ésta sería la temperatura óptima de almacenamiento que permite mantener las características funcionales estudiadas para este producto durante 17 días de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Fondo Patrimonial Especial de la Universidad de La Sabana por su apoyo financiero en el desarrollo de esta investigación por el proyecto ING-047 y por el semillero de investigación denominado “Borojó: fuente potencial en el diseño de productos de carácter funcional”.

REFERENCIAS

- Acevedo NC, Vilbett PB, Aguilera JM. 2008. Microstructure affects the rate of chemical, physical and color changes during storage of dried apple discs. **J Food Eng** 85: 222 - 231.
- Adekunte AO, Tiwari BK, Cullen PJ, Scannell AGM., O'Donnell CP. 2010. Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. **Food Chem** 122: 500 - 507.
- Bartolomé B, Bengoechea ML, Sancho AI, Estrella I, Hernández T, Gómez-Cordovés C. 1998. Differentiation of intermediate products (concentrates and purées) from the fruit industry by means of phenolic content. **Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung A** 206: 355 - 359.
- Bermudez-Soto M J, Tomas-Barberan FA. 2004. Evaluation of commercial red fruit juice concentrates as ingredients for antioxidant functional juices. **Eur Food Res Technol** 219: 133 - 141.
- Brand-William W, Cuvelier M E, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie** 28: 25 - 30.
- Burdurlu SH, Karadeniz F. 2003. Effect of storage on nonenzymatic browning of apple juice concentrates. **Food Chem** 80: 91 - 97.
- Cervantes-Cardoza, V, Rocha-Guzmán NE, Gallegos-Infante JA, Rosales-Castro M, Medina-Torres L, González-Laredo RF. 2010. Actividad antioxidante de extractos de semilla de tres variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh -Rosaceae-). **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 9: 446 - 456.
- Choi J-I, Kim H-J, Kim J-H, Chun BS, Ahn DH, Kim GH, Lee J-W. 2010. Changes in colour and antioxidant activities of *Hizikia fusiformis* cooking drips by gamma irradiation. **Food Sc Technol** 43: 1074 - 1078.
- Cortés M, Chiralt A. 2008. Cinética de los cambios de color en manzana deshidratada por aire fortificada con vitamina E. **Vitae** 15: 8 - 16.
- Derossi A, De Pilli T, Fiore AG. 2010. Vitamin C kinetic degradation of strawberry juice stored under non-isothermal conditions. **LWT-Food Sc Technol** 43: 590 - 595.
- Fратиanni A, Cinquanta L, Panfili G. 2010. Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. **LWT-Food Sc Technol** 43: 867 - 871.
- García-Rodríguez RV, Zavala-Sanchez MA, Susunaga-Notario AC, Pérez-Gutierrez S. 2011. Anti-inflammatory evaluation and antioxidant potential of *Senna crotalarioides* and *Penstemon roseus*. **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 10: 23 - 29.
- Giannakourou MC, Taoukis PS. 2003. Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. **Food Chem** 83: 33 - 41.
- Giraldo C, Rengifo L, Aguilar E, Gaviria D, Alegría A. 2004. Determinación del sexo en Borojó (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas) mediante marcadores moleculares. **Rev Col Biotecnol** 6: 9 - 14.
- Jiménez-Escrig A, Jiménez-Jiménez I, Pulido R Saura-Calixto F. 2001. Antioxidant activity of fresh and processed edible seaweeds. **J Sc Food Agric** 81: 530 - 534.
- Klimczak I, Malecka M, Szlachta M., Gliszczynska-Swiglo A. 2007. Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. **J Food Comp Anal** 20: 313 - 322.
- Leterme P, Buldgen A, Estrada F, Londoño AM. 2006. Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. **Food Chem** 95: 644 - 652.

- Mascan M. 2001. Kinetic of colour of kiwi fruits during hot air and microwave drying. **J Food Eng** 48: 169 - 175.
- Millán CLJ, Cardona SBL, Herrera MJA, Arbeláez RD, Gutiérrez MDE. 2010. Análisis sensorial e instrumental (textura) a una salsa agrídulce de borojón. **Rev Lasallista Invest** 7: 36 - 41.
- Mosquera LH, Moraga G, Martínez-Navarrete N. 2010. Effect of maltodextrin on the stability of freeze-dried borojón (*Borojoa patinoi* Cuatrec.) powder. **J Food Eng** 97: 72 - 78.
- Mosquera LH, Ríos HA, Zapata PS. 2005. Obtención de una materia prima con valor agregado mediante secado por aspersión a partir del fruto fresco de borojón (*Borojoa patinoi* Cuatrec.). **Rev Inst Univ Tecnológica Chocó** 11: 5 - 10.
- Nakai M., Kageyama N, Nakahara K, Miki W. 2006. Phlorotannins as radical scavengers from the extract of *Sargassum ringgoldianum*. **Marine Biotechnol** 8: 409 - 414.
- Namiki M. 1988. **Chemistry of Maillard reactions: Recent studies on the browning reaction mechanism and the development of antioxidants and mutagens.** In CO Chichester, BS Schweigert (Eds.), *Advances in food research*. Academic Press, London, England.
- Quevedo R, Díaz O, Ronceros B, Pedreschi F, Aguilera JM. 2009. Description of the kinetic enzymatic browning in banana (*Musa cavendish*) slices using non-uniform color information from digital images. **Food Res Int** 42: 1309 - 1314.
- Ricco RA, Wagner ML, Portmann E, Reidss C, Llesuy S, Gurni AA, Carballo MA. 2010. Análisis de polifenoles, actividad antioxidante y genotoxicidad en especies argentinas de *Lippia* y *Aloysia* (Verbenaceae). **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 9: 388 - 396.
- Ricco RA, Wagner ML, Gurni AA. 2011. Dinámica de polifenoles de "Cedrón" (*Aloysia citrodora* Palau Verbenaceae) en relación al desarrollo foliar. **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 10: 67 - 74.
- Salamanca GG, Osorio TMP, Montoya LM. 2010. Elaboración de una bebida funcional de alto valor biológico a base de borojón (*Borojoa patinoi* Cuatrec.). **Rev Chil Nutr** 37: 87 - 96.
- Singleton V, Rossi J. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphor-tungstenic acid reagents. **Amer J Enol Viticult** 16: 144 - 158
- Sotelo I, Casas N, Camelo, G. 2010. Borojón (*Borojoa patinoi*): Fuente de polifenoles con actividad antimicrobiana. **Vitae** 17: 329 - 336
- van den Broeck I, Ludikhuyze L, Weemaes C, Loey AV, Hendrickx M. 1998. Kinetics for isobaric-isothermal degradation of L-ascorbic acid. **J Agric Food Chem** 46: 2001 - 2006.
- Velioglu YS, Mazza G, Gao L, Oomah BD. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables and grain products. **J Agric Food Chem** 46: 4113 - 4117.
- Verbeyst L, Oey I, Van der Plancken I, Hendrickx M, Van Loey A. 2010. Kinetic study on the thermal and pressure degradation of anthocyanins in strawberries. **Food Chem** 123: 269 - 274.
- Vinson JA, Su X, Zubik L, Bose P. 2001. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: fruits. **J Agric Food Chem** 49: 5315 - 5321.
- Vogel H, Razmilic-Bonilla I, Polanco-González X, Letelier-Muñoz ME. 2010. Effect of different provenances and production conditions on antioxidant properties in *Buddleja globosa* leaves. **Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat** 9: 333 - 342.
- Winkel-Shirley B. 2001. Flavonoid BiWaterhouse AL. 2005. Consumer labels can convey polyphenolic content: Implications for public health. **Clin Develop Immunol** 12: 43 - 46.
- Wu R, Frei B, Kennedy JA, Zhao Y. 2010. Effects of refrigerated storage and processing technologies on the bioactive compounds and antioxidant capacities of 'Marion' and 'Evergreen' blackberries. **Food Sc Technol** 43: 1253 - 1264.
- Zanoni B, Pagliarini E, Galli A, Laureati M. 2005. Shelf-life prediction of fresh blood orange juice. **J Food Eng** 70: 512 - 517.