

Estudio de la cinética de degradación de antocianinas y color durante el almacenamiento de jugos de cassis y sauco

Busso C., Sánchez V., Baeza R.

Pontificia Universidad Católica Argentina - Facultad de Ciencias Agrarias, Cap. Gral. Ramón Freire 183 (1426), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

rosabaezabsas@yahoo.com.ar

RESUMEN

Durante el almacenamiento de productos basados en *berries*, el contenido de compuestos como antocianinas, así como su color, se ven afectados. El objetivo del presente trabajo fue estudiar los cambios en estas características y determinar parámetros cinéticos de la degradación durante el almacenamiento a 4, 25 y 38°C. Se midió el contenido de antocianinas monoméricas (AMT), porcentaje de color polimérico (%CP), parámetros de color en el espacio CIELab y el contenido de polifenoles totales (PT). Las cinéticas de degradación de AMT y parámetro a^* se ajustaron con un modelo de primer orden. Se obtuvieron velocidades de degradación de AMT mayores que para a^* , indicando una mayor estabilidad del color que para el contenido de AMT. Los valores de E_a en el rango 4-38 °C para deterioro de AMT fueron 54,9 y 53,1 kJ/mol para sauco y cassis respectivamente y para a^* los valores fueron 62,6 y 86,0 kJ/mol. El descenso más importante en el contenido de polifenoles se observó a 25 °C, con un remanente de 54 % para cassis y de 78% para sauco. El %CP aumentó notablemente durante el almacenamiento a 25 y 38°C. Los resultados mostraron un efecto significativo de la temperatura en la estabilidad de todos los parámetros estudiados.

Palabras clave: antocianinas, color, cassis, sauco, cinética de almacenamiento.

ABSTRACT

During storage of products based on berries, compounds as anthocyanins and color, are affected. The aim of this work was to study the changes in these parameters and study the kinetics of degradation during storage at 4, 25 and 38°C. Content of monomeric anthocyanins (AMT), percentage of polymeric colour (% CP), colour parameters in the CIELab space and total polyphenol content (PT) were measured. The kinetics of degradation of AMT and parameter a^* were adjusted with a first-order model. AMT degradation rates were higher than for a^* indicating greater color stability compared with AMT. E_a values within the range 4-38°C for deterioration of AMT were 54.9 and 53.1 kJ/mol for elderberry and cassis and for a^* were 62.6 and 86.0 kJ/mol. The most important decrease in polyphenol content was observed at 25°C, with a remanent of 54% and 78% for cassis and elderberry. The %CP increased significantly during storage at 25 and 38°C. The results showed a significant effect of temperature on the stability of all parameters studied.

Keywords: anthocyanins, color, elderberry, blackcurrant, storage kinetics

INTRODUCCIÓN

Los *berries* contienen una gran cantidad de compuestos químicos denominados polifenoles (antocianinas, flavonoides entre otros), valorados por sus propiedades antioxidantes y su intenso color. En numerosos estudios se los ha asociado a su acción para retardar los efectos perjudiciales de los radicales libres en las células y a la inhibición de las enfermedades provocadas por el daño oxidativo (Brownmiller et al. 2008). El consumo de estas frutas se da, además de como fruta fresca, en forma de productos basados en ellas como jugos, salsas, conservas, mermeladas entre otros. Estos productos reciben en general un tratamiento térmico con el objetivo principal de inactivar enzimas presentes naturalmente en las frutas, como polifenoloxidasas o peroxidasa (Sadilova et al. 2009). Luego son almacenados refrigerados o a temperatura ambiente, según su estabilidad debida a factores como pH, concentración de sólidos solubles, presencia de conservantes, tipo de envase, etc. Durante el almacenamiento, el contenido de compuestos bioactivos y el color se ven afectados. Este aspecto debe considerarse al determinar la vida útil de los productos, sobre todo teniendo en cuenta que en alimentos ácidos suele ser relativamente larga, por ejemplo, de 2 años a temperatura ambiente.



La determinación de parámetros cinéticos del deterioro durante el almacenamiento puede ser de utilidad para predecir los cambios en la composición y color de los productos y determinar sus características al final de la vida útil. En estudios previos se han reportado los efectos del almacenamiento en la degradación de antocianinas y los parámetros cinéticos asociados en frutas y otros vegetales que contienen estos compuestos en jugos, conservas y purés (Kirca et al., 2006 y 2007, Brownmiller et al. 2008).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar los cambios en el color, contenido de antocianinas totales y polifenoles y determinar parámetros cinéticos como Energías de Activación (E_a), Q_{10} y tiempos medios de reacción en pulpas de cassis (*Ribes nigrum*) y sauco (*Sambucus nigra*), durante el almacenamiento entre 4 y 38°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Almacenamiento de las pulpas

Las pulpas de fruta pasteurizadas y congeladas de cassis y sauco fueron provistas por un productor de El Bolsón, Río Negro. Se fraccionaron en envases de polietileno-poliamida, se cerraron herméticamente y se almacenaron a temperaturas constantes de 4, 25 y 38°C. A diferentes intervalos de tiempo se retiraron muestras por duplicado para la realización de los análisis.

Obtención de extractos alcohólicos

Se prepararon extractos alcohólicos a partir de 5g de pulpa de cada fruta. Las muestras fueron extraídas dos veces con 20ml de etanol: HCl 0.1N (85:15) (Merck, Alemania), luego centrifugadas y los sobrenadantes fueron mezclados y utilizados para mediciones de polifenoles totales, antocianinas monoméricas, color, densidad de color y color polimérico. La expresión de los resultados se refirió a la pulpa inicial considerando las densidades correspondientes.

Polifenoles Totales

La concentración de polifenoles totales se determinó por un método colorimétrico usando el reactivo de Folin-Ciocalteu (Merck, Alemania), según Waterhouse (2001). En el ensayo realizado a 20°C se utilizaron 0.020 ml de las diluciones adecuadas de los extractos alcohólicos de las pulpas. Se leyó la absorbancia a 765nm en un espectrofotómetro PG Instruments T60U UV-Vis (Reino Unido). La concentración de polifenoles totales se calculó a través de una curva de calibración de ácido gálico (Anedra, Argentina), y se expresó como equivalentes de ácido gálico g equiv de gál/L pulpa.

Antocianinas monoméricas

El contenido de antocianinas monoméricas de los extractos alcohólicos de las pulpas de cada fruta, fue determinado por el método de pH diferencial según Giusti y Wrolstad (2001), usando buffer cloruro de potasio pH 1 y buffer acetato de sodio pH 4.5. Las muestras de los extractos alcohólicos fueron mezcladas y diluídas adecuadamente en el buffer correspondiente y su absorbancia medida a 510 y 700 nm. El contenido de antocianinas monoméricas se expresó como cianidin-3-glucósido en mg/L de acuerdo con la siguiente ecuación (1):

$$AMT \text{ (mg/L)} = A \cdot M \cdot FD \cdot 1000 / (\epsilon \cdot l) \quad (1)$$

donde $A = [(A_{510} - A_{700})_{pH 1} - (A_{510} - A_{700})_{pH 4.5}]$; M (peso molecular) = 449.2 g/mol para el cianidin-3-glucósido; FD = factor de dilución, $\epsilon = 26900$ es el coeficiente de extinción molar en L/mol/cm; $l = 1$ es el camino óptico en cm.

Densidad de color, Color polimérico y Porcentaje de Color polimérico

La determinación de la densidad de color y del porcentaje de color polimérico fue realizada según el método de Giusti y Wrolstad (2001). Dos réplicas de cada muestra de los extractos alcohólicos de las pulpas, fueron tratadas ya sea con una solución de metabisulfito de potasio para su blanqueo o con agua como control. Se midió la absorbancia en cada una a 420, 510 y 700 nm. La densidad de color (DC) fue calculada usando la muestra control y según la siguiente ecuación (2), siendo FD el factor de dilución del extracto para las ecuaciones (2) y (3).

$$DC = [(A_{420} - A_{700}) + (A_{510} - A_{700})] \cdot FD \quad (2)$$

El color polimérico (CP) fue determinado usando la muestra blanqueada y de acuerdo con la ecuación (3)

$$CP = [(A_{420} - A_{700}) + (A_{510} - A_{700})] \cdot FD \quad (3)$$



El porcentaje de color polimérico (% CP) fue calculado según la ecuación (4).

$$\% \text{ CP} = (\text{CP} / \text{DC}) \cdot 100 \quad (4)$$

Color

El color de las pulpas fue analizado con un espectrofotómetro Minolta CM-600d (Konica Minolta Sensing Inc., Japón), usando el iluminante D65 y un ángulo del observador de 2° (CIE 1931 Standard Observer). Las mediciones de color se hicieron sobre 1 ml de extracto alcohólico, en cápsulas de plástico blanco de 3 cm de diámetro. Se midieron los parámetros de la escala tridimensional CIELab: L* para luminosidad, a* para el color rojo y b* para el amarillo. Los valores se expresaron como L, C*_{ab} para Chroma ($(a^{*2}+b^{*2})^{1/2}$), h⁰ para el ángulo Hue (arctang b/a).

Análisis de datos

Se analizaron réplicas de cada pulpa almacenada para cada tiempo de ensayo. Todos los parámetros estudiados se determinaron al menos por duplicado y se informó su promedio ± error estándar. Se realizaron correlaciones de Pearson entre el contenido total de antocianinas monoméricas (AMT), y el parámetro de color a* (P<0,05) de los extractos alcohólicos de las pulpas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evolución de antocianinas monoméricas totales, polifenoles totales y capacidad antioxidante durante el almacenamiento

En la **Figura 1** se observa la evolución de las antocianinas monoméricas totales (AMT) a las tres temperaturas de almacenamiento (4, 25 y 38 °C) para las pulpas de sauco y cassis.

Partiendo de un valor inicial promedio de AMT en las pulpas pasteurizadas 706,6 mg/L para sauco y de 1291,53 mg/L para cassis, se observó un descenso en el contenido a todas las temperaturas de almacenamiento, aunque este descenso fue más marcado para el cassis. A modo comparativo, cumplido los 45 días de almacenamiento, en la pulpa de sauco el porcentaje de disminución fue de 32%, 67% y 98% a 5, 25 y 38°C respectivamente y para cassis de 46%, 80% y 97% en ese mismo orden. Esto indica que a la temperatura de 38°C casi no se detecta contenido residual de AMT al final del almacenamiento para ambas frutas. Previamente se han reportado resultados similares para jugos de arándano almacenados durante 6 meses, observando una pérdida de 68% de antocianinas monoméricas a 25°C. En arándanos enlatados se observó una pérdida de hasta 71% luego de 6 meses. (Brownmiller 2008).

El contenido de polifenoles totales (PT) mostró una mayor estabilidad durante el almacenamiento a las tres temperaturas estudiadas. El valor inicial de PT medido para sauco fue de 5731±21 mg. ac. gálico/L, a 4°C se observó un remanente del 85% luego de 60 días (4924±34 mg. ac. gálico/L) y a 38°C se observó un valor mayor luego del almacenamiento (de 7203±32 mg. ac. gálico/L). En el caso del cassis, el contenido inicial fue de 7049±54 mg. ac. gálico/L, a 5°C se observó una retención de 92% luego de 60 días (6456±57 mg. ac. gálico/L), a 38°C se observó una retención del 84% (5926±67 mg. ac. gálico/L). A 25°C se observó una retención de PT de 78% para sauco a los 50 días de almacenamiento, y para cassis del 54%, mostrando en este caso un mayor descenso.

La disminución en el contenido de antocianinas monoméricas podría ser atribuido a reacciones de condensación con ácido ascórbico, reacciones de hidrólisis y pardeamiento no enzimático (Sadilova et al 2009). A pesar de la disminución en AMT, el contenido en PT fue bastante estable hasta el final del almacenamiento. Este comportamiento podría asociarse a la formación de compuestos de condensación o polímeros formados que contribuyen al contenido total de polifenoles y la capacidad antioxidante por lo que el nivel residual de estos parámetros suele ser relativamente alto (Chaovanalikit y Wrolstad 2004).



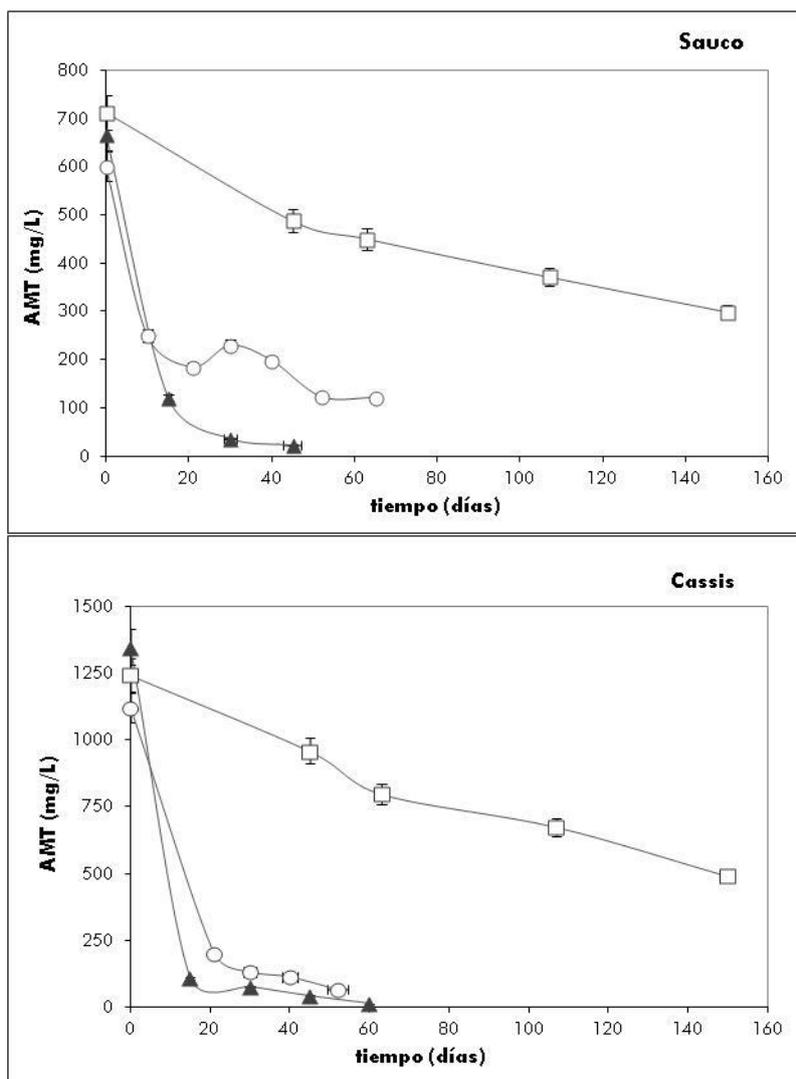


Figura 1. Evolución de las AMT durante el almacenamiento a las diferentes temperaturas 4° (□), 25°(O) y 38° (▲) de las pulpas de sauco y cassis.

Las diferencias en los valores totales y residuales de AMT y PT obtenidos para cassis y sauco pueden deberse a diferencias en el perfil de antocianinas y polifenoles de cada fruta, y en su estabilidad durante el almacenamiento. El cassis contiene como antocianinas mayoritarias la delfinidin 3-rutinosido, cianidin 3-rutinosido, delfinidin 3-glucosido y cianidin 3-glucósido (Jacobek et al 2007). Además, se ha determinado en esta fruta un contenido importante de proantocianidinas (Obón et al, 2011, Mattila et al., 2011), asociadas a fenómenos de estabilización del color. En un estudio de almacenamiento de extractos alcohólicos de jugos de cassis, se observó una mayor estabilidad para almacenamiento de delfinidin y cianidin 3-rutinósidos que para las otras antocianinas, observándose una disminución del 25 % luego de 12 meses a 8°C (Rubinskiene et al, 2005).

En el sauco, las antocianinas mayoritarias son cianidin 3-sambubiosido-5-glucosido, cianidin 3 glucosido, cianidin 3- sambubiosido y cianidin 3-rutinosido (Jacobek et al 2007). Se ha reportado una mayor estabilidad de antocianinas derivadas de cianidin, sobre otro tipo de antocianinas en jugos de arándano, que en el caso del sauco serían las mayoritarias (Trost et al., 2008).

En ambas frutas se ha observado la presencia de ácidos hidroxicinámicos e hidroxibenzénicos y antocianinas acetiladas, que podrían mejorar la estabilidad del color por participar en fenómenos de copigmentación inter o intramolecular (Giusit y Wrolstad, 2003, Rein 2005). Como se mencionó anteriormente, si bien se detecta una disminución en el contenido de AMT, estos compuestos formados podrían contribuir a la apreciación del color y al contenido de polifenoles totales determinado luego del almacenamiento.



Evaluación del color durante el almacenamiento entre 4 y 38°C.

El color se evaluó sobre los extractos alcohólicos de las muestras almacenadas a las diferentes temperaturas de almacenamiento. La evolución de los parámetros de color se muestra en **Figura 2**. Ambas frutas presentaron un comportamiento similar para cada temperatura de estudio.

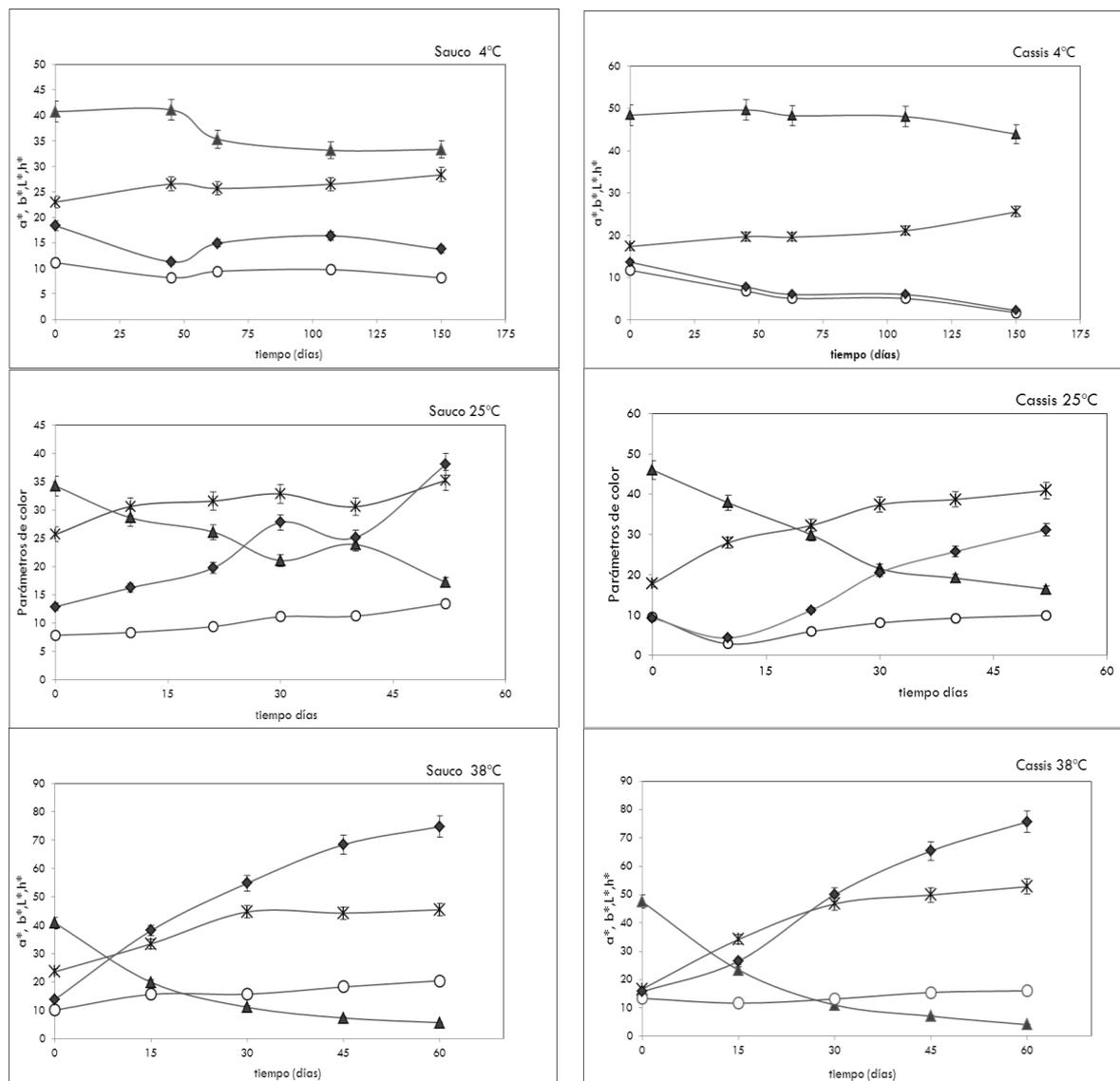


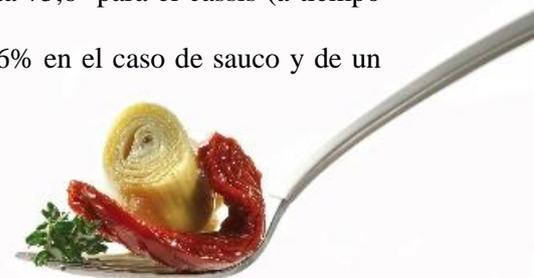
Figura 2. Cambios en los parámetros de color L (*), a (\blacktriangle), b (\circ), h (\blacklozenge) evaluados en los extractos alcohólicos de las muestras de sauco y cassis almacenadas a 4°C, 25°C y 38°C.

A 4°C, en ambas pulpas se observó un descenso en el parámetro a* que no superó el 12% (a* inicial: 38 para sauco y 48 para cassis). En el caso del cassis se observó un descenso de los parámetros b* y h°. A temperaturas de 25°C y 38°C, los parámetros de color se comportaron en forma similar para ambas frutas. Se observó un aumento de L* (asociado a la luminosidad) a mayor temperatura de almacenamiento: a 38°C, aumentó un 68% (L* inicial: 17, L* final: 53) en el cassis y 48% (L* inicial: 24, L* final: 45) en el sauco.

El parámetro a* sufrió un descenso marcado para el cassis a 38°C (a* inicial: 48, a* final: 4) y un aumento en el parámetro b*. En el caso del sauco se observó un comportamiento muy similar con un descenso de a* y aumento en b*.

Estos cambios se vieron reflejados en la variación del parámetro h° tanto en sauco como en cassis a 38°C, obteniéndose valores de 13,7 hasta 74,7 en el caso del sauco y de 15,7 hasta 75,6 para el cassis (a tiempo inicial y final respectivamente).

A 25°C también se observó un aumento neto en los valores de h°, de un 66% en el caso de sauco y de un 77% para el cassis.



Se obtuvo una buena correlación al analizar el comportamiento de la degradación de AMT y color (parámetro a*) a las distintas temperaturas de almacenamiento. Aunque el rango de variación del coeficiente de correlación fue de 0,70 a 0,96 (P<0,05) (**Tabla 1**), ambas frutas presentaron un coeficiente global similar.

Tabla 1. Correlaciones entre el contenido total de antocianinas monoméricas (AMT), y parámetro de color a* a diferentes temperaturas de almacenamiento para las pulpas de sauco y cassis.

Temperatura de almacenamiento	Relación de AMT-a*			
	SAUCO		CASSIS	
	Coefficiente de correlación	Coefficiente global	Coefficiente de correlación	Coefficiente global
38°C	0,96	0,868	0,93	0,862
25°C	0,83		0,95	
4°C	0,82		0,70	

Los valores del %CP (asociado a la formación de compuestos poliméricos) fueron mayores para sauco que para cassis a tiempo inicial. En promedio se observó un valor de %CP de 49,3 para sauco y de 19,7 para cassis. Al final del almacenamiento se observó un aumento en el % de CP a todas las temperaturas de almacenamiento.

La relación de %CP entre los valores finales y los iniciales fueron para cassis de 2, 13 , 2,75 y de 4,64 a 4, 25 y 38°C respectivamente, y para sauco las relaciones fueron de 1,62 , 2,21 y 1,82 para las mismas temperaturas. Estos resultados indican que para el cassis el almacenamiento tuvo un mayor efecto sobre la formación de compuestos poliméricos, sobre todo a 38°C. En la **Figura 3** se observa la evolución de %CP para sauco y cassis a 25°C.

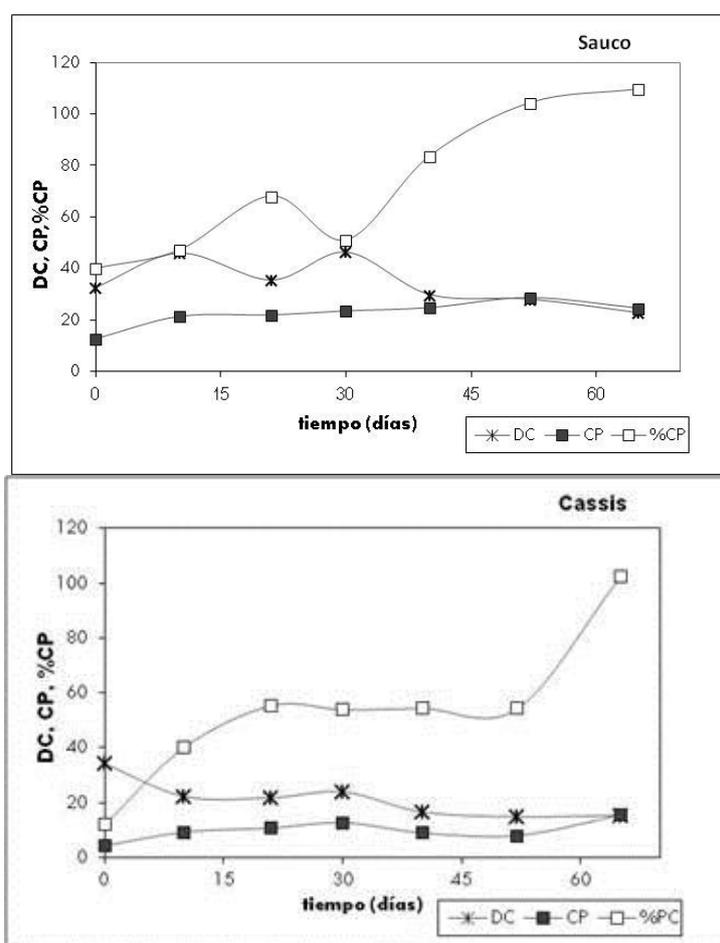


Figura 3. Evolución de los índices de color: densidad de color (DC), color polimérico (CP) y porcentaje de color polimérico (% CP) durante el almacenamiento de pulpas de sauco y cassis a 25°C.



Parámetros de la cinética de degradación durante el almacenamiento

Las cinéticas de degradación de AMT y del parámetro a^* de color se ajustaron adecuadamente con un modelo de reacción de primer orden (Kirka et al, 2007) como se observa en la **Figura 3** para 5 y 38°C. Se calculó la constante de degradación, k y el tiempo medio de reacción, $t_{1/2}$ para la degradación de antocianinas y color según las siguientes ecuaciones:

$$\ln(C/C_0) = -k_{AMT} \cdot t \quad (5)$$

$$\ln(C/C_0) = -k_a \cdot t \quad (6)$$

siendo:

C_0 : concentración de antocianinas (AMT) y valor de a^* al tiempo inicial

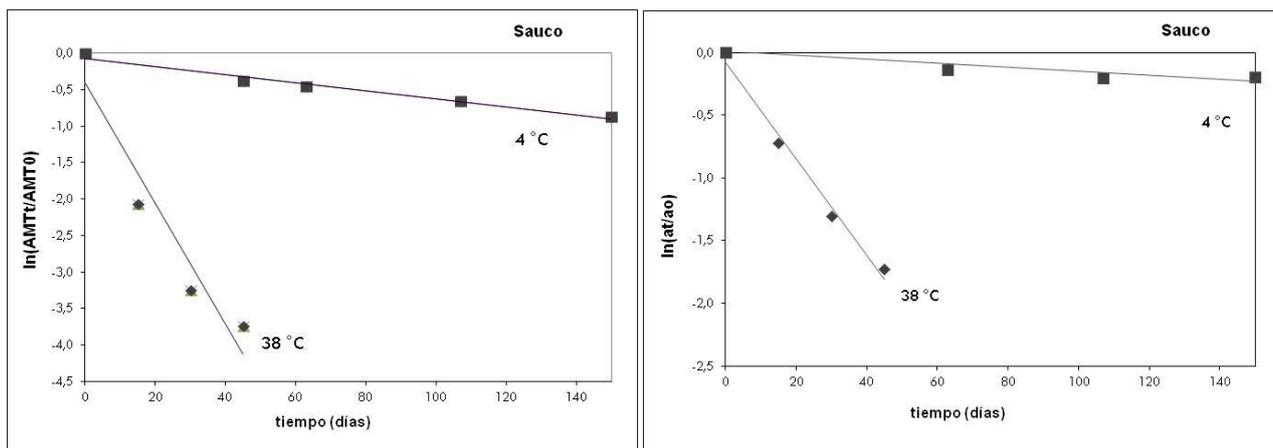
C : concentración de antocianinas (AMT) y valor de a^* después de un tiempo t de almacenamiento a una dada temperatura

$$t_{1/2} = -\ln 0,5 \cdot k^{-1} \quad (7)$$

$t_{1/2}$: tiempo medio de reacción, en el que se alcanza el 50% de la degradación del parámetro analizado.

En la **Tabla 2** se muestra los parámetros cinéticos obtenidos a las diferentes temperaturas. Tanto para las velocidades de degradación de AMT y de color a^* se observó un aumento con la temperatura de almacenamiento conjuntamente con una disminución en los tiempos medios de degradación.

En cuanto a la degradación del parámetro de color a^* presenta una disminución más lenta que la correspondiente a las antocianinas monoméricas totales. La relación entre k_{AMT} / k_{a^*} fue para el sauco de 3,5 a 4°C, 2,7 a 25°C y de 2,5 a 38°C. Para el cassis la relación k_{AMT} / k_{a^*} fue de 7,6 a 4°C, 2,3 a 25°C y de 1,73 a 38°C.



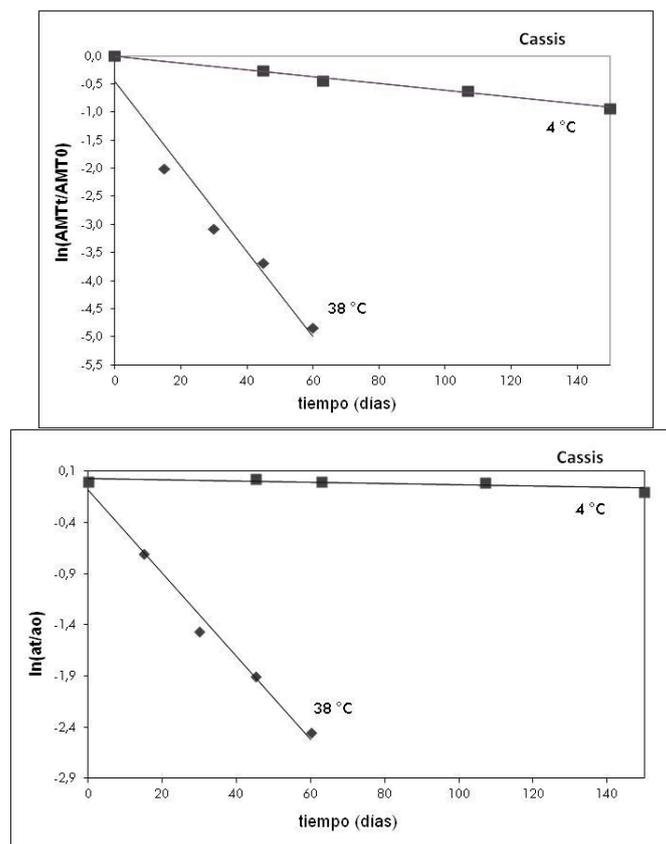


Figura 4. Cinética de degradación de las antocianinas monoméricas totales (AMT) y el parámetro de color a^* color en función del tiempo de almacenamiento a 4°C y 38°C, en pulpas naturales de sauco y cassis.

En la **Tabla 2**, se muestran también los valores de Q_{10} entre 25-38°C de ambos parámetros en las dos frutas. Los valores indican que en el rango de temperaturas entre 25-38°C la velocidad de degradación aumenta aproximadamente 3 veces por cada 10 grados de aumento de temperatura para el cassis, y para el sauco la velocidad aumenta entre 1,5 y 1,85 veces por cada 10 °C.

La dependencia con la temperatura se analizó también en función de los valores de Energías de activación (E_a) en el rango de temperatura estudiado según modelo de Arrhenius. Los valores de E_a obtenidos demuestran una dependencia similar con la temperatura para los procesos mencionados obteniendo valores de 54,9 kJ/mol para la degradación de AMT y de 62,2 kJ/mol para la degradación de a^* en el sauco, y 53 kJ/mol y 86 kJ/mol respectivamente para el cassis.

Como puede observarse en los resultados obtenidos, las velocidades de degradación de los parámetros de color fueron más bajas que las de degradación de antocianinas, sin embargo, en ambos parámetros se observó un notorio descenso, además mostraron buena correlación durante el almacenamiento.

El aumento en el %CP indicaría una mayor importancia de compuestos amarrados sobre el total de los antocianos presentes. Un aumento en el porcentaje de color polimérico podría reflejar la degradación de compuestos monoméricos por formación de compuestos de condensación y otros compuestos poliméricos, que seguirían siendo detectados por el método de Folin, contribuyendo al contenido medido de Polifenoles Totales (Patras et al 2010). Este fenómeno podría explicar la mayor estabilidad de los PT durante el almacenamiento.

Estas observaciones son consistentes con el aumento del parámetro cromático h^* (asociado al tono del color) y la observación visual de tonos amarrados. Chaovanalikit y Wrolstad (2007) reportaron un descenso del 69% de las antocianinas monoméricas totales en frutillas enlatadas y un aumento en el %CP de 7% a 33% luego de 60 días de almacenamiento a temperatura ambiente. También se reportó un aumento de 13 a 40 % en cerezas enlatadas. (Chaovanalikit and Wrolstad 2004). En puré de arándano se observó un aumento de 1 a 42% luego de 6 meses de almacenamiento (Brownmiller 2008).



Tabla 2. Parámetros de cinética de degradación para antocianinas y el parámetro de color a^* en pulpas de sauco (a) y cassis (b).

a) Sauco

Temperatura	4°C	25°C	38°C
k (AMT)	0,0056	0,0201	0,0826
k (a^*)	0,0016	0,0074	0,0333
$t_{1/2}$ AMT	123,75	34,48	8,39
$t_{1/2}$ (a^*)	433,13	93,65	20,81
E_a (AMT)	54,9 kJ/mol		
E_a (a^*)	62,2 kJ/mol		
$Q_{1025-38^\circ\text{C}}$ (AMT)	2,96		
$Q_{1025-38^\circ\text{C}}$ (a^*)	3,18		



b) Cassis

Temperatura	4°C	25°C	38°C
k (AMT)	0,0061	0,0421	0,0710
k (a*)	0,0008	0,0183	0,0406
t _{1/2} AMT	113,61	16,46	9,76
t _{1/2} (a*)	790,19	37,87	17,07
E _a (AMT)	53,1 kJ/mol		
E _a (a*)	86,0 kJ/mol		
Q ₁₀ 25-38 °C AMT			1,49
Q ₁₀ 25-38 °C a*			1,85

En cuanto a los parámetros de las cinéticas de almacenamiento, se han reportado previamente energías de activación similares para el deterioro de antocianinas en otras frutas y vegetales: Kirca y Cemeroğlu (2003) reportaron valores de 73,2 kJ/mol en almacenamiento de concentrados de naranja sangre entre 4 y 37°C, también se reportaron valores de entre 65,9 y 94,7 kJ/mol para jugo de zanahoria “negra” agregado a otras frutas como uva, manzana, limón, naranja (Kirca et al 2006). También se reportaron valores de Q₁₀ similares para el deterioro de antocianinas, por ejemplo de entre 2,3 y 3 para extractos de zanahoria negra almacenada entre 4-37 °C (Kirca et al 2006).

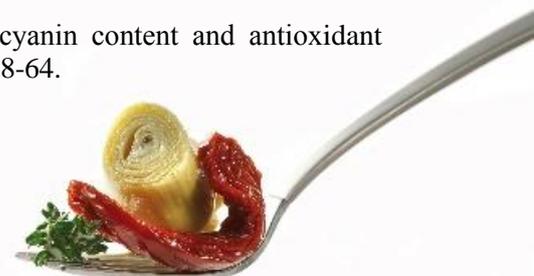
32

CONCLUSIONES

Los resultados indican un efecto significativo de la temperatura en la estabilidad de todos los parámetros estudiados. Se observó una mayor estabilidad de todos los parámetros estudiados a 4°C, mientras que a 25 y 38°C la disminución en antocianinas monoméricas y parámetro a* fue muy notoria. Sin embargo, se observó una buena retención de polifenoles totales al final del almacenamiento. Esto indicaría una mayor conveniencia de almacenamiento de las pulpas pasteurizadas a temperaturas de refrigeración. Los parámetros cinéticos determinados pueden ser de utilidad para determinar el contenido de compuestos bioactivos y color para una dada vida útil de los productos basados en estas pulpas.

BIBLIOGRAFÍA

- Brownmiller C., Howard LR, Prior RL. 2008. Processing and storage effects on monomeric anthocyanins, percent polymeric colour and antioxidant capacity of processed blueberry products. *Journal of Food Science*, 73: H72-79.
- Chaovanalikit A, Wrolstad RE. 2004. Total anthocyanins and total phenolics of fresh and processed cherries and their antioxidant properties. *Journal of Food Science*, 69: 67-72.
- Giusti MM, Wrolstad RE. 2001. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-visible spectroscopy. En: Wrolstad R, Acree T, An H, Decker E, Penner M, Reis D, Schawrtz S, Shoemaker C, Spoms P, editores. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry* (1st.edn). New York: John Wiley and Sons, Inc. F1.2.1
- Giusti M, Wrolstad R. 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14: 217-225.
- Jacobek L, Seruga M, Medvidović-Kosanović M, Novak I. 2007. Anthocyanin content and antioxidant activity of various red fruit juices. *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, 103: 58-64.



- Kirca, A, Ozkan M, Cemeroglu B. 2003. Thermal Stability of black carrot anthocyanins in blond orange juice. *Journal of Food Quality*, 26:361-366.
- Kirca A, Özkan M, Cemeroglu B. 2006. Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry*, 97: 598–605.
- Kirca A., Özkan M., Cemeroglu B. Effects of temperature solid content and pH on stability of black carrot anthocyanins. *Food Chemistry*. 2007; 101: 212-218.
- Mattila P, Hellström J, McDougall G, Dobson G, Pihlava, J-M, Tiirikka T, Stewart D, Karjalainen, R. 2011. Polyphenol and vitamin C contents in European commercial blackcurrant juice products. *Food Chemistry*, 127:1216-1223.
- Obón JM, Díaz García MC, Castellar MR. 2011. Red fruit juice quality and authenticity control by HPLC. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24: 760- 771.
- Patras A, Brunton NP, O'Donnell C, Tiwari BK. 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. Review. *Trends in Food Science & Technology*, 21: 3-11.
- Rein MJ. 2005. Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins (dissertation). EKT series 1331. University of Helsinki, Department of Applied Chemistry and Microbiology. Pag. 1-88.
- Rubinskiene M, Viskelis P, Jasutiene I, Viskeliene R, Bobinas C. 2005. Impact of various factor son the composition and stability of black currant anthocyanins. *Food Research International*, 38: 867-871.
- Sadilova E, Stintzing F, Kammerer D, Carle R. 2009. Matrix dependent impact of sugar and ascorbic acid addition on color and anthocyanin stability of black carrot, elderberry and strawberry single strength and from concentrate juices upon thermal treatment. *Food Research International*, 42 : 1023-1033.
- Trošt A, Golc-Wondra A, Prošec M, Milivojevič L. 2008. Anthocyanin degradation of Blueberry–Aronia nectar in glass compared with carton during storage. *Journal of Food Science: Sensory and Food Quality*, 73: 406-411.
- Waterhouse AL. 2001. Determination of total phenolics. En: Wrolstad RE, editor. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: Wiley & Sons. Pag. I1.1.1

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Frutas del Sur Andino S.A. (Río Negro, Argentina) por haber donado las pulpas de fruta utilizadas en el presente estudio.

