

EFFECTO DEL ALMACENAMIENTO DE UVA CAIMARONA (*Pouroouma cecropiifolia*) A DIFERENTES TEMPERATURAS SOBRE LOS SÓLIDOS SOLUBLES Y LA ACTIVIDAD DE CATALASA

SOLUBLE SOLUTES AND CATALASE DURING CAIMARONA GRAPE (*Pouroouma cecropiifolia*) STORAGE AT DIFFERENT TEMPERATURES

Carlos Eduardo Narváez Cuenca * **, Patricia Restrepo**

Recibido: 22/05/03 - Aceptado: 4/11/03

RESUMEN

La uva caimaroná fue almacenada durante seis días entre 1 y 25 °C. Los frutos manifestaron lesiones por frío a 1, 10 y 15 °C, estos daños se hicieron mayores al incrementar el tiempo de exposición al frío y al disminuir la temperatura. Tanto a 20 como a 25 °C los frutos maduraron de manera adecuada. La disminución de la temperatura de almacenamiento de 25 a 20 °C inhibió el metabolismo de azúcares y ácidos carboxílicos. Las lesiones por frío en los frutos refrigerados a 1 °C estuvieron relacionadas con menores valores de pH, sólidos solubles y actividades de catalasa.

Palabras clave: *Pouroouma cecropiifolia*, daños por frío, ácidos carboxílicos, azúcares, catalasa, frutas amazónicas.

ABSTRACT

Caimarona grape fruits were stored during six days at temperatures between 1 to 25 °C. Fruits stored at 1, 10 and 15 °C showed chilling injury; this damage was enhanced at lowest temperature and during chilling exposition. Fruits ripening at 20 and 25 °C. After lowering storage temperature from 25 to 20 °C sugar and carboxylic acids metabolism was inhibited. Chilling injury in fruits at 1 °C was related with lower pH values, soluble solutes and catalase activity.

Key words: *Pouroouma cecropiifolia*, chilling injury, carboxilic acids, sugars, catalase, amazon fruit.

INTRODUCCIÓN

La uva caimaroná (*Pouroouma cecropiifolia*), fruta climatérica originaria de la re-

* Universidad de la Amazonía, Florencia (Caquetá) hasta abril 2003.

** Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Correo electrónico: lprestrepos@unal.edu.co

gión amazónica es altamente perecedera, con un tiempo de vida en anaquel de dos días a 25 °C y HR 85% (1) por lo que es indispensable trabajar en alternativas rentables que mejoren su aprovechamiento. Para tal efecto se puede emplear la refrigeración; sin embargo, se debe tener cuidado con temperaturas muy bajas ya que se pueden presentar daños por frío (2).

Los daños por frío son un desorden metabólico y fisiológico como consecuencia de la exposición de tejidos vegetales a temperaturas de refrigeración. Estas lesiones pueden aparecer, dependiendo de la especie, desde 0 hasta 22 °C (2). En los frutos que presentan lesiones por frío se reporta una reestructuración física y bioquímica de la membrana plasmática debida a un cambio en la fluidez de los lípidos presentes en ella; aumento en la concentración de electrolitos en el citoplasma; cambio tanto en corteza como en pulpa en el contenido de azúcares, ácidos, aminoácidos y destrucción del ácido ascórbico (2-5). También se ha hallado que la exposición al frío causa daño en las membranas de los cloroplastos y aceleración de las rutas degradativas de los pigmentos (6), aumento o disminución en la intensidad respiratoria como manifestación de la alteración del metabolismo (2, 7) y síntesis de nuevas proteínas (7).

Por otra parte, la tolerancia al frío ha sido vinculada con una activación del sistema antioxidante, que previene la acumulación de sustancias reactivas de oxígeno, y con la protección contra la lisis celular. Este sistema involucra enzimas como la catalasa (EC. 1.11.1.6., CAT), ubicada principalmente en los peroxisomas y en la mitocondria, que se encarga de descomponer el H₂O₂ en H₂O y O₂,

(8-10). Igualmente, la acumulación de azúcares como sacarosa, fructosa y glucosa ha sido relacionada con la tolerancia al frío por su contribución en el mantenimiento del equilibrio osmótico (5, 11). Este trabajo se planteó con el objetivo de estudiar el efecto del almacenamiento del fruto de uva caimaron (Pourouma cecropiifolia) a temperaturas entre 1 y 25 °C sobre las características sensoriales, la evolución de algunas características fisicoquímicas, el contenido de sacarosa, glucosa, fructosa, de los ácidos cítrico, málico y succínico, y la actividad de catalasa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutas de uva caimaron. Fueron adquiridas en cultivos semitecnificados en Corpoica -Macagual, ubicado a 20 km de Florencia, Caquetá (25 °C, 85% HR)- en la Amazonía colombiana. Se efectuó una selección por sanidad, apariencia, estado de madurez (entre 5 y 10% de color rojo en corteza), y se realizó una desinfección por inmersión en hipoclorito de sodio al 2% durante 20 minutos.

Determinación de una temperatura adecuada de almacenamiento. Las frutas en ramillete fueron almacenadas a 1, 10, 15, 20 y 25 °C, a una humedad relativa de 85%, durante seis días. Cada día se efectuó un análisis sensorial de los frutos por el método descriptivo de puntajes, con escala ponderada, a través de un panel entrenado de seis miembros. Las características evaluadas, las escalas y los descriptores de calidad se muestran en la Tabla 1.

Evaluación del comportamiento fisiológico del fruto. Las frutas se almacenan

Tabla 1. Atributos evaluados y puntaje de los factores de calidad del fruto entero y pulpa de uva caimarona

Atributo/ Puntaje	Descripción
Fruto entero	
Apariencia	
0-2	Presencia de magulladuras, arrugas, picaduras, manchas oscuras
2-3	Ausencia de magulladuras o de ataque de insectos, ausencia de arrugas
Color	
0-1	Zonas difusas color café o blancas
1-2	Predomina el color verde o verde con zonas rojas, no homogéneo, leves manchas cafés
2-3	Morado rojizo con manchas verdes
3-4	Morado intenso, homogéneo, característico del fruto
Aroma	
0-0,5	Olor avinagrado
0,5-1	Olor frutal no desarrollado, característico de frutos verdes
1-2	Aroma característico del fruto
Pulpa	
Color y apariencia	
0-2	Haces vasculares y pulpa parda, desgregada. Los haces vasculares se separan fácilmente de la pulpa
2-3	Pulpa color blanco nacarado, brillante. Haces vasculares blancos
Sabor	
0-0,5	Sobremaduro, fermentado, mohoso
0,5-1	Ácido, insípido
1-2	Característico del fruto

ron a 1, 20 y 25 °C durante seis días. Cada día se efectuaron ensayos fisicoquímicos, se cuantificaron ácidos y azúcares y se evaluó la actividad de catalasa.

Ensayos fisicoquímicos. En la pulpa se midieron los sólidos solubles por refractometría, el pH por potenciometría y la

acidez titulable por titulación potenciométrica con NaOH 0,1 N (12). La humedad se determinó por secado en estufa a 65 °C durante 48 horas, método gravimétrico.

Contenido de ácidos y azúcares. Se sometieron a extracción 20 g del conjunto

pulpa más corteza por reflujo con 30 mL de metanol durante 1 h, se filtró al vacío y el extracto se concentró en rotavapor. Posteriormente se efectuó una dilución con agua grado HPLC hasta 25 mL. Para la identificación y cuantificación se recurrió a la técnica de HPLC. Tanto los ácidos como los azúcares fueron separados de manera simultánea a través de una columna Aminex HPX-87H a 40 °C (300 mm de longitud, 7,8 mm de diámetro y tamaño de partícula de 3 μm) y H_2SO_4 8 mM como fase móvil con un flujo de 0,5 mL/min. Los ácidos se detectaron por medida en el UV a 214 nm y los azúcares con detector de índice de refracción. La temperatura de los detectores para ácidos y azúcares fue 18 y 36 °C, respectivamente. La identificación se hizo por comparación de los tiempos de retención contra patrones (Merck, grado cromatográfico), y la cuantificación a través de una curva de calibración (13). Los intervalos de concentración para los ácidos estuvieron entre 1 y 5 mg/mL, para sacarosa entre 10 y 100 mg/mL, para glucosa y fructosa entre 2 y 20 mg/mL.

Actividad de catalasa. La enzima fue extraída de acuerdo con una técnica descrita en un trabajo previo (1), que consiste en la preparación de los polvos de acetona a partir del fruto sin semilla, solubilización de la enzima en buffer pH 6,8 Tris-HCl 0,1 M más CaCl_2 0,1 M, precipitación con $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ al 80% de saturación y diálsis hasta fin de Cl^- y de SO_4^{2-} . Todo el proceso se realizó a una temperatura máxima de 4 °C. La proteína en el extracto dializado se cuantificó por el método microkjeldahl.

La medida de actividad se basó en la técnica permanganometrítica (8). Se tomó

un volumen del extracto enzimático que contuviese 0,20 mg de proteína. El extracto se adicionó sobre 4 mL de buffer fosfatos 0,1 M pH 7,0. Posteriormente se adicionó 1 mL de H_2O_2 500 mM y la mezcla se incubó a 37 °C. Al cabo de 5 min, para detener la reacción, se adicionó 1 mL de H_2SO_4 10 M. El H_2O_2 no descompuesto se determinó por titulación con KMnO_4 10 mM. Se realizó un blanco con el extracto enzimático llevado a ebullición durante 5 min a 92 °C. Una unidad de catalasa se definió como la cantidad de enzima que descompone 1 μmol H_2O_2 /min (UCAT). La actividad específica se expresó como unidad enzimática/mg proteína (UCAT/mg proteína).

Análisis de datos. Sobre los resultados de la evaluación sensorial ($n=6$) se evaluó el efecto del día de almacenamiento por la prueba de Friedman y se calculó la diferencia mínima significativa (dms). Los resultados de los ensayos fisicoquímicos ($n=3$), del contenido de ácidos y azúcares ($n=3$) y de la actividad de catalasa ($n=2$) fueron sometidos a los ANOVA respectivos y se compararon los promedios de tratamiento por la prueba de Tukey.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Determinación de la temperatura adecuada de almacenamiento. En la Tabla 2 se resumen los resultados de la evaluación sensorial de los frutos durante su almacenamiento a un intervalo de temperaturas entre 1 y 25 °C durante seis días (datos originales transformados a rangos). Cuando los frutos fueron almacenados a 25 °C el atributo evaluado alcanzó valores máximos luego de dos días y descendió de manera significativa a partir del

Tabla 2. Evaluación de las características sensoriales del fruto de uva caimaron a durante su almacenamiento a 1, 10, 15, 20 y 25 °C durante seis días - Suma de rangos

Temperatura/ Día de almacenamiento	Fruto entero			Pulpa		Calidad total
	Apariencia	Color	Aroma	Color	Sabor	
25 °C						
0	200a	160bc	138bc	195a	115cd	168bc
1	190a	198ab	186ab	194a	161bc	198ab
2	214a	237a	234a	204a	224a	235a
3	103b	104cd	106c	118b	162bc	112cd
4	91bc	101cd	104c	100b	136cd	99d
5	75bc	76de	97cd	68bc	76de	68de
6	31c	28e	38d	24c	29e	24e
20 °C						
0	116b	76b	82c	158a	58c	103c
1	132ab	76b	86c	128ab	106bc	110bc
2	134ab	132ab	119bc	92bc	106bc	138ab
3	177a	167a	156ab	172a	152ab	170a
4	158ab	196a	174ab	155a	188a	176a
5	147ab	132ab	195a	152a	192a	163ab
6	39c	24c	91c	48c	101bc	42d
15 °C						
0	164a	186a	135ab	162ab	102c	180a
1	168a	162ab	150ab	189a	95c	178a
2	168a	158ab	122b	137ab	160ab	154a
3	147ab	172ab	185a	108bc	112bc	138ab
4	80c	116b	150ab	143ab	192a	131ab
5	92bc	76c	101bc	111b	145abc	82bc
6	82c	33c	60c	52c	94c	40c
10 °C						
0	236a	220a	148a	206a	124bcd	230a
1	168b	181ab	145a	158abc	66d	160bc
2	177ab	158ab	152a	167ab	175ab	196ab
3	98c	124bc	156a	108bcd	154abc	106cd
4	98c	62cd	62b	80d	208a	88d
5	76c	82cd	139a	104cd	100cd	68d
6	50c	46d	100ab	80d	77d	55d
1 °C						
0	237a	214a	154ab	212a	169a	228a
1	174b	194ab	198a	192ab	176a	192a
2	162b	161bc	192a	182ab	177a	180ab
3	122c	125cd	128bc	140bc	131ab	122bc
4	115c	86de	90cd	99cd	118ab	92c
5	53d	82ef	94bcd	58de	80bc	62cd
6	41d	42f	46d	21e	50c	26d

Las letras diferentes dentro de una columna a una misma temperatura de almacenamiento indican diferencias significativas de acuerdo con la prueba de Friedman. Los rangos fueron asignados para los días de almacenamiento dentro de cada una de las temperaturas, razón por la cual estos valores no permiten comparar el efecto de la temperatura dentro de un mismo día de almacenamiento.

tercer día. Estos máximos fueron muy cercanos a los máximos otorgados en los factores de calidad (Tabla 1). La evaluación de la calidad total del fruto indicó que el momento oportuno para su consumo está entre uno y dos días luego de la cosecha. Luego de seis días de almacenamiento las características sensoriales se deterioraron totalmente, por lo que se identificó un proceso rápido de maduración y una aparición temprana de la senescencia.

En los frutos refrigerados a 1 °C se observó que sus características sensoriales no se desarrollaron de manera apropiada y manifestaron serios daños a causa de la exposición al frío. Los panelistas indicaron que las frutas presentaron depresiones y endurecimiento en la corteza; pardeamiento del pedúnculo, corteza y pulpa; las frutas se mantuvieron ácidas; el sabor típico de la pulpa no se desarrolló, y el aroma no evolucionó apropiadamente. A esta temperatura las características sensoriales evaluadas no alcanzaron los máximos otorgados en los factores de calidad (Tabla 1) y el daño se hizo más notorio al transcurrir la refrigeración. Igualmente, el almacenamiento de los frutos a 10 y 15 °C condujo a la generación de lesiones por frío. Aunque los frutos refrigerados a 1, 10 y 15 °C manifestaron daños por frío, la intensidad de las lesiones se hizo menor al incrementar la temperatura.

Los frutos almacenados a 20 °C no presentaron lesiones por frío, éstos maduraron de manera adecuada y, en general, su calidad sensorial fue significativamente superior incluso en el quinto día de almacenamiento. La disminución de la temperatura de almacenamiento de 25 a 20 °C prolongó la vida útil de la uva caimarona.

Evaluación del comportamiento fisiológico del fruto. Para establecer algunos mecanismos que hicieron que los frutos maduraran tanto a 20 como a 25 °C y que manifestaran lesiones por frío a 1 °C se evaluaron ciertos parámetros en ellos que describen su fisiología.

Ensayos físicoquímicos. En los frutos almacenados a 20 y 25 °C el pH de la pulpa tendió a incrementarse al transcurrir el tiempo de almacenamiento (Figura 1a), comportamiento característico de frutos que están madurando de manera adecuada y su metabolismo, por lo tanto, es normal. A 1 °C el pH disminuyó en relación con las lesiones por frío y fue significativamente inferior al de las frutas cuya maduración fue normal.

Al evaluar la acidez titulable (Figura 1b) se encontró que en las frutas almacenadas tanto a 20 como a 25 °C los valores de acidez fueron significativamente iguales. A 1 °C la acidez de la pulpa fue significativamente mayor que en los frutos que maduraron de manera adecuada, tendencia relacionada con las características de sabor encontradas por los panelistas. Si se tiene en cuenta que durante la generación de las lesiones por frío hay lisis celular (14) puede suceder que los ácidos salgan de las células a causa de la lisis y, por lo tanto, incrementen tanto la acidez sensorial como la titulable.

El contenido de sólidos solubles (B.H.) en la pulpa de las frutas maduradas a 25 °C (Figura 2a) aumentó con el tiempo de una manera más marcada que a 20 y 1 °C, a estas dos últimas temperaturas no se encontraron diferencias significativas. Hay que considerar que el aumento en el contenido de sólidos solubles

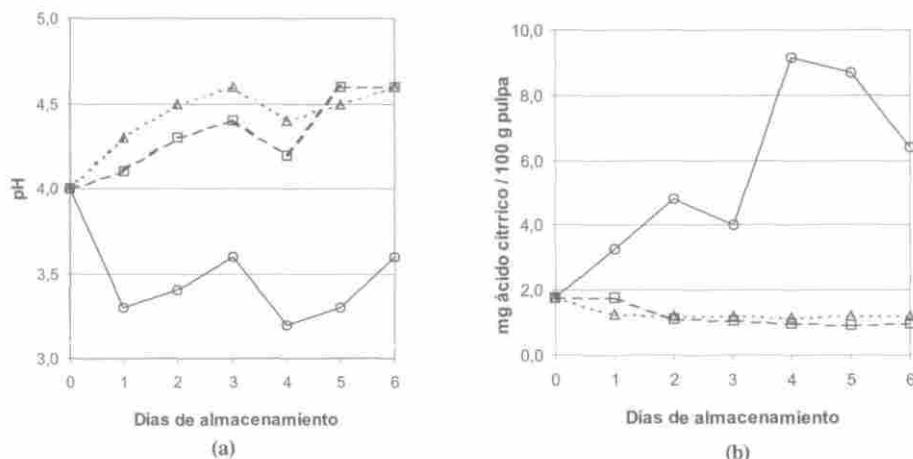


Figura 1. Comportamiento del pH (a) y de la acidez titulable (b) de la pulpa del fruto de *Pourouma cecropiifolia* almacenado a 1(O), 20 (□) y 25 °C (Δ), HR 85% durante seis días.

de los frutos almacenados a 25 °C se debe a un fuerte efecto de deshidratación que se verifica en la Figura 2b, en la cual se expresan los sólidos solubles en base seca. La proporción de sólidos solubles dentro del material seco, a las tres temperaturas de almacenamiento, disminuyó con el tiempo, entendiéndose esta disminución como resultado de reacciones que utilizaron los sólidos solubles para obtener energía.

El contenido de sólidos solubles (B.S.) en la pulpa de las frutas almacenadas a 20 °C fue significativamente superior que el de las frutas almacenadas a 25 °C, mientras que los niveles a 1 °C fueron significativamente inferiores a los de las frutas almacenadas tanto a 20 como a 25 °C. Se observa que las lesiones por frío estuvieron acompañadas con una mayor degradación de sustancias solubles y que la disminución de la temperatura de 25 a 20 °C retrasó el metabolismo de este tipo de sustancias, si bien en la pulpa húmeda el con-

tenido de sólidos solubles a 1 y 20 °C fue similar.

Contenido de ácidos y azúcares. Los ácidos carboxílicos identificados en el fruto de uva caimarona fueron cítrico, málico y succínico. En la Figura 3 se aprecia que, de los tres ácidos estudiados, el cítrico es el más importante. En las frutas almacenadas a 25 °C este ácido tendió a disminuir. El descenso fue marcado durante los dos primeros días, momento que coincide con el climaterio de la fruta (1). A partir del tercer día la disminución fue menos drástica. En las frutas almacenadas a 20 °C se presentó una acumulación de ácido cítrico durante los dos primeros días para luego disminuir sus niveles al transcurrir el almacenamiento, con valores mayores a los de los otros dos tratamientos. A 1 °C los niveles de ácido cítrico tendieron a disminuir al transcurrir el almacenamiento, con valores intermedios entre los dos tratamientos en los que las frutas maduraron de manera apropiada.

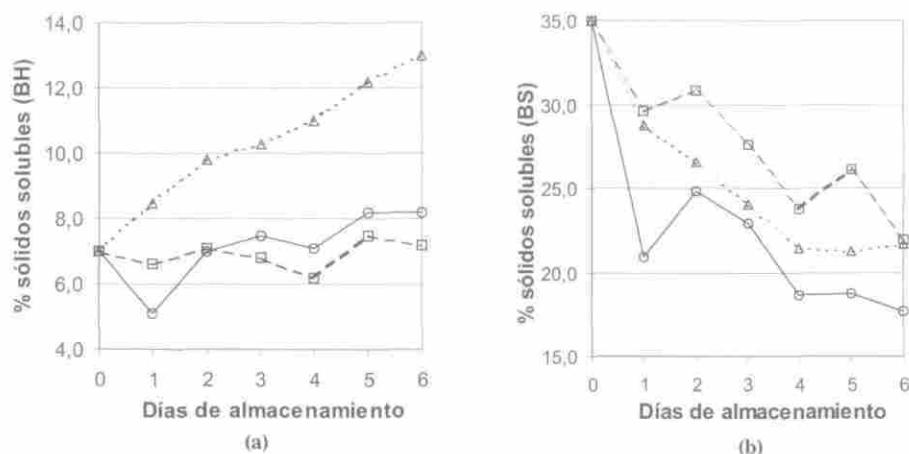


Figura 2. Cambios en el contenido de sólidos solubles en la pulpa del fruto de *Pourouma cecropiifolia* almacenado a 1(O), 20(□) y 25 °C (Δ), HR 85% durante seis días expresados en base húmeda (BH) (a) y en base seca (BS) (b).

Los ácidos málico y succínico tendieron siempre a disminuir en los tres tratamientos. Los valores relativos de concentración fueron inferiores en las frutas almacenadas a 25 °C y superiores en las refrigeradas a 20 °C; a 1 °C los valores promedio fueron significativamente iguales que a 25 °C. Al quinto día, los niveles de estos ácidos en las frutas maduradas a 20 °C fueron similares a los de las frutas maduradas a 25 °C a los dos días (máximos climáticos), por lo que la disminución de la temperatura en 5 °C inhibió el metabolismo de estos ácidos y retardó, por lo tanto, la maduración de los frutos.

En la Figura 4 se aprecia que los niveles de sacarosa en los tres tratamientos tendieron siempre a disminuir sin observarse diferencias significativas entre tratamientos. En las frutas maduradas a 25 °C, a pesar de que el contenido de sacarosa disminuyó, no se presentó un incremento en el contenido de fructosa y glucosa; esto puede indicar que la desaparición de sacarosa

estuvo encaminada a la producción de energía más que a la acumulación de glucosa y fructosa, resultado de su hidrólisis, o a la generación de ácidos ya que éstos también disminuyeron (Figura 3). Por lo anterior, el endulzamiento de la pulpa de uva caimarona durante su maduración a 25 °C se debió más a un efecto de disminución en el contenido de ácidos carboxílicos y de pérdida de agua que a la síntesis de azúcares.

En las frutas maduradas a 20 °C se encontró una acumulación de glucosa y fructosa durante los dos primeros días, a partir del tercer día sus niveles tendieron a disminuir. En general, la concentración de los azúcares analizados en los frutos organolépticamente maduros a 20 °C (día 5) fue similar a la de los azúcares presentes en la pulpa de los frutos, también organolépticamente maduros a 25 °C (día 2), por lo que la disminución de la temperatura ambiente en 5 °C retardó el metabolismo de glucosa, fructosa y sacarosa.

A 1 °C los niveles de sacarosa, fructosa y glucosa tendieron a disminuir, con valores intermedios al de las frutas que sí maduraron. La concentración total de los azúcares en las frutas refrigeradas a 1 °C (obtenidos al sumar la concentración de glucosa, fructosa y sacarosa) estuvo siempre por debajo de la de las frutas refrigeradas a 20 °C.

Actividad de Catalasa. En la figura 5 se observa una relación directamente proporcional entre la temperatura de almacenamiento y la actividad de catalasa (CAT). A 25 °C se encontró un máximo en la actividad de esta enzima luego de dos días, que coincidió con el máximo climatérico. A 20 °C la actividad presentó un máximo al quinto día, que coincidió también con el máximo climatérico; es interesante observar que en los climaterios la actividad fue nueve veces mayor a 25 °C que a 20 °C. A 1 °C la actividad de CAT fue significativamente menor que a 20 °C, y esta a su vez fue significativamente inferior que a 25 °C. La baja actividad de CAT en los frutos refrigerados a 1 °C estuvo relacionada con la poca resistencia al frío y, por lo tanto, con las lesiones que mostraron estos frutos. Si se tiene en cuenta que la actividad de CAT en los frutos almacenados a 20 °C fue siempre mayor a la de los frutos almacenados a 1 °C es de esperar que esta enzima esté relacionada con la tolerancia al frío de los frutos de uva caimarona. En frutos de mandarina almacenados a 4 °C se reporta que el choque térmico previo a la refrigeración aumenta la actividad de CAT y la resistencia al frío (10).

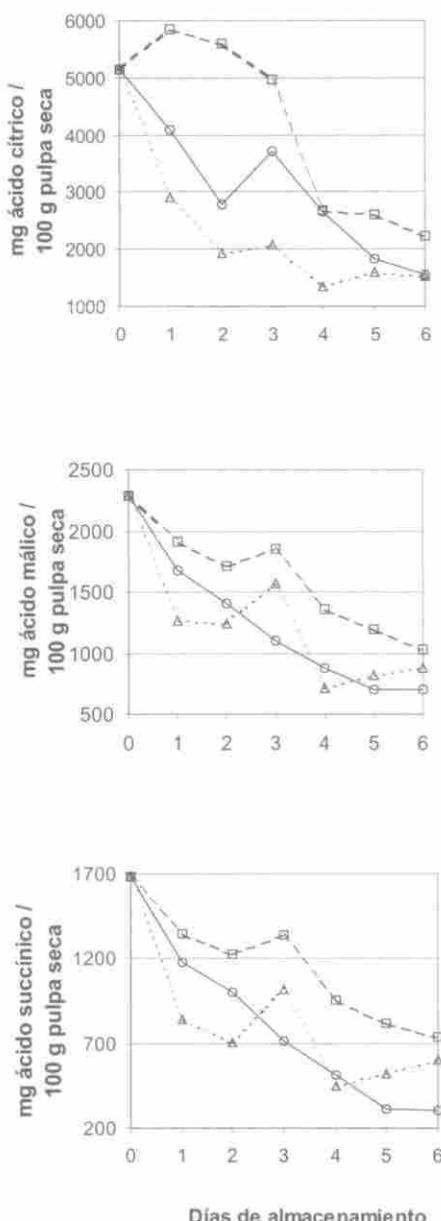


Figura 3. Cambios en el contenido de los ácidos cítrico, málico y succínico en los frutos de *Pourouma cecropiifolia* almacenados a 1(O), 20(□) y 25 °C (Δ), HR 85% durante seis días.

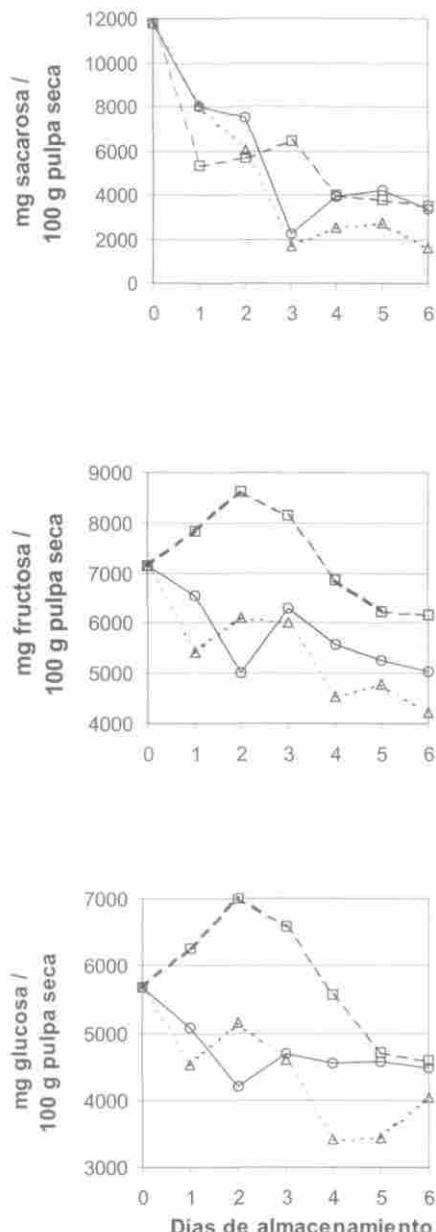


Figura 4. Cambios en el contenido de sacarosa, glucosa y fructosa en los frutos de *Pourouma cecropiifolia* almacenados a 1(O), 20(□) y 25 °C (Δ), HR 85% durante seis días.

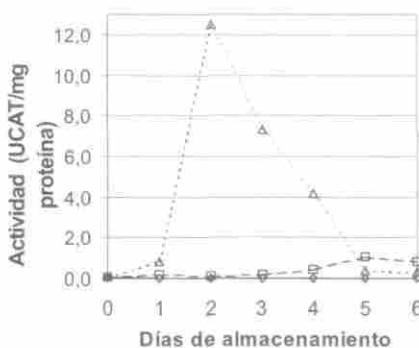


Figura 5. Actividad de Catalasa en frutos de *Pourouma cecropiifolia* almacenados a 1(O), 20(□) y 25 °C (Δ), HR 85% durante seis días.

CONCLUSIONES

Se encontró que la disminución de 25 a 20 °C de la temperatura de almacenamiento de uva caimaroná generó una acumulación de fructosa, glucosa, ácido cítrico y menor degradación de los ácidos succínico y málico, observándose una menor velocidad de degradación de los sólidos solubles, por lo que el metabolismo se vio inhibido. Aunque a 1 °C no se encontró una relación clara entre los contenidos totales de ácidos carboxílicos y azúcares y las lesiones por frío, a esta temperatura se inhibió la actividad de catalasa, lo que probablemente genera una acumulación de especies que lesionaron los componentes celulares generando su lisis; como consecuencia de esto se incrementó la acidez sensorial y la titulable, y hubo mayor degradación de los sólidos solubles.

BIBLIOGRAFÍA

- Narváez, C. C. E.; Restrepo, P. (2002). Efecto del almacenamiento de la uva caimaroná (*Pourouma cecropiifolia*) a diferentes temperaturas sobre la actividad de la polifenoloxidasa y la peroxidasa. *Rev Col. Quím.* **31**:131-144.
- Pantastico, Er. B.; Mattoo, A. K.; Murata, T.; Ogata, K. (1979). Daños por frío; En Fisiología de la postrecolección, manejo y utilización de frutas tropicales y subtropicales, Pantastico, Er. P. (ed.), México: Compañía Editorial Continental S. A., pp. 407-433.
- Jackman, R. L.; Yada, R. Y.; Maramponi, A.; Parkin, K. L.; Stanley, D. W. (1988). Chilling injury, a review of quality aspects. *J. Food Biochem.* **11**:253-278.
- Lee, A.; Kader, A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. **20**:207-220.
- Hernández, G. M. S. (2001). Conservación del fruto de arazá (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) durante la cosecha mediante la aplicación de diferentes técnicas. Tesis doctorado en ciencias agrarias, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Monreal, M.; De Ancos, B; Cano, M. P. (1999). Influence of critical storage temperatures on degradative pathways of pigments in green beans (*Phaseolus vulgaris* Cvs. Perona and Boby). *J. Agric. Food Chem.* **47**:19-24.
- Rubio, M. E. (1999). Estudio del cambio de actividad de polifenoloxidasa, PFO, durante el proceso de maduración del lulo (*Solanum quitoense* L.). Tesis M. Sc. en ciencias, Departamento de Química, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Aebi, H. (1974). Catalase. En Ulrich, B. H. (ed.). *Methods of Enzymatic Analysis*, New York: Academic Press, 673-684.
- Prasad, T. K. (1996). Mechanisms of chilling-induced oxidative stress injury and tolerance in developing maize seedlings: change in antioxidant system, oxidation of proteins and lipids, and protease activities. *Plant J.* **10**(6):1017-1026.
- Sala, J. M.; Lafuente, M. T. (1999). Catalase in the heat-induced chilling tolerance of cold-stored hybrid fortune mandarin fruits. *J. Agric. Food Chem.* **47**:2410-2414.
- Holland, N.; Sala, J. M.; Menezes, H. C.; Lafuente, M. T. (1999). Carbohydrate content and metabolism as related to maturity and chilling sensitivity of cv. fortune mandarins. *J. Agric. Food Chem.* **47**:2513-2518.
- AOAC, Official Methods of Analysis, Association of Official Analytical Chemists, Inc. (1990). Edited by Kenneth Helrich: USA, pp. 12, 15.
- Morales, S. N. G. (2002). Comportamiento fisiológico, químico y sensorial de banano bocadillo (*Musa x*

paradisiaca L.) producido en algunas zonas del departamento del Tolima. Trabajo de Grado, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

14. Wills, R. H.; Lee, T. H.; Mc Glasson, W. B.; May, E. G.; Grahann, D. (1984). Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección, Zaragoza, España: Editorial Acribia S. A.