

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ORGANOLÉPTICA DEL FRUTO DE AGRAZ (*Vaccinium meridionale* Swartz) ALMACENADO A 2°C

Hernán Guillermo Ávila Rodríguez¹; Julián Andrés Cuspoca Riveros²;
Gerhard Fischer³; Gustavo Adolfo Ligarreto Moreno⁴ y
Martha Cecilia Quicazán de Cuenca⁵

RESUMEN

Con el propósito de hallar algunas características fisicoquímicas del fruto del agraz, del cual existen pocos conocimientos sobre su calidad, se recolectaron frutos provenientes de Chiquinquirá (Boyacá) los cuales fueron empacados en cajas plásticas de 125 g y almacenados durante 9 días en un cuarto frío a una temperatura de 2°C, con una humedad relativa del 90 %. Cada 3 días fueron medidas las variables sólidos solubles totales (SST), pH, acidez total titulable (ATT), ácidos cítrico, málico y ascórbico, diámetro del fruto y pérdida de peso. La mayoría de los cambios fisicoquímicos fueron de muy poca magnitud, las siguientes mediciones presentaron una tendencia permanente a la disminución: el peso fresco (de 0,58 a 0,55 g), el diámetro del fruto (de 0,99 a 0,93 cm) y el pH (de 3,12 a 3,05), mientras que aumentaron la ATT (de 1,44 a 1,52 %) y los SST (de 14,13 a 14,73 °Brix). Los análisis con HPLC arrojaron que el ácido predominante fue el ácido cítrico, seguido por el ácido málico (1.899 mg y 1.396 mg/100 g fruto, respectivamente) los cuales aumentaron a partir del día 6 de almacenamiento. El ácido ascórbico (8 mg/100 g) presentó una leve disminución durante los días 3 a 6 del almacenamiento. Es posible que el aumento de los SST, la ATT y los ácidos orgánicos hacia el día 9 del almacenamiento haya sido debido a un efecto de concentración. En el análisis sensorial, se identificó que los frutos frescos obtuvieron una buena aceptación tanto en apariencia, aroma, sabor y en textura, mientras que los almacenados durante 9 días aún calificaron en aroma y sabor.

Palabras clave: Peso fruto, grados Brix, ácido cítrico, ácido ascórbico, almacenamiento, análisis sensorial.

ABSTRACT

¹ Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá Facultad de Agronomía. A.A.14490, Bogotá, Colombia. <hgavilar@unal.edu.co>

² Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá Facultad de Agronomía. A.A.14490, Bogotá, Colombia. <jacuspocar@unal.edu.co>

³ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá Facultad de Agronomía. A.A.14490, Bogotá, Colombia. <gerfischer@gmail.com>

⁴ Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá Facultad de Agronomía. A.A.14490, Bogotá, Colombia. <galigarretom@unal.edu.co>

⁵ Directora Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA). Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. A.A. 14490, Bogotá, Colombia. <mcquicazand@unal.edu.co>

Recibido: Abril 16 de 2007; aceptado: Octubre 25 de 2007.

PHYSIOCHEMICAL AND ORGANOLEPTIC CHARACTERIZATION OF ANDEAN BLUEBERRY FRUIT (*Vaccinium meridionale* Swartz) STORED AT 2°C

With the purpose to find out some physiochemical characteristics of Andean blueberry fruits from which exist few knowledge about its quality, fruits were collected from Chiquinquirá (Boyacá), and packed in plastic boxes of 125 g and stored during 9 days (at 2°C and 90% relative humidity). Each 3 days variables as total soluble solids (TSS), pH, total titratable acidity (TTA), citric, malic and ascorbic acids, fruit diameter and its weight loss were measured. The majority of physiochemical changes in fruits were lowest. A permanent decreasing tendency presented: fresh weight (from 0,58 to 0,55 g), diameter (from 0,99 to 0,93 cm), and the pH (from 3,12 to 3,05, with a peak at 6 days up to 3.16), while TTA increased slightly (from 1,44 to 1,52%, with a peak at 3 days up to 1,64) and TSS from 14,13 to 14,73 °Brix. The HPLC analysis showed that citric acid was the predominant organic acid in fruits, followed by the malic acid (1.899 mg and 1.396 mg/100 g respectively), which increased from the 6th day of storage. The ascorbic acid (8 mg/100 g) presented a slowly decrease between day 3 and 6 of storage. It is supposed that the TSS, TTA and organic acids increased up to the ninth day of storage due to a concentration effect. In the sensorial analysis it was found that fresh fruits had a good acceptance in all evaluated parameters (appearance, aroma, flavor and texture) while the 9 days stored fruits only presented good qualifications in aroma and flavor.

Key words: Fruit weight, Brix grades, citric acid, ascorbic acid, storage, sensorial analysis.

La importancia que han adquirido las frutas exóticas en Colombia va en aumento; las condiciones tropicales que presenta el país permiten mantener una constante oferta durante todo el año; debido a esto, el país se ha catalogado como un productor y comercializador potencial en cuanto a frutas se refiere. El agraz, también es conocido con nombres como mortiño o guasca, se ha venido convirtiendo en uno de los principales frutos exóticos de alta viabilidad para el comercio nacional y de exportación, sus características fisicoquímicas le han dado un lugar preferencial en el mercado nacional.

Ligarreto *et al.* (2008), destacan al agraz como una especie muy promisoría para desarrollarse como cultivo en Colombia, ya que existe adaptación a diferentes ambientes de las zonas alto andina, hay variaciones genéticas que

pueden utilizarse en la selecciones de clones y también presenta mercado para la fruta, en consecuencia se tiene un panorama bueno para el desarrollo del cultivo y su industria. Al desconocimiento del manejo agronómico del cultivo, los aspectos prioritarios de investigación en agraz incluyen: el desarrollo de protocolos para la producción de material de semilla, selección de cultivares, introducción de variedades, establecimiento de requerimientos nutricionales del cultivo, diagnostico para el manejo de plagas y estudios de poscosecha.

El género *Vaccinium* incluye cerca de 400 especies, de las cuales la mayoría se encuentran en laderas abiertas de montañas tropicales (Camp, 1945). El agraz (*Vaccinium meridionale* Swartz, familia Ericaceae) en Colombia es una especie que crece en condiciones silvestres en la zona altoandina (Patiño

y Ligarreto, 2006), en altitudes entre los 2300 y 3500 msnm, siendo una planta de páramo (La Montaña Mágica, 2000).

El agraz es un arbusto silvestre pequeño, generalmente de 1 a 4 m de alto, excepcionalmente pueden encontrarse árboles de hasta 8 m de alto. No debe ser confundido con el bejuco, que en Cundinamarca y otras zonas del país recibe el mismo nombre vulgar, el cual prospera desde el nivel del mar hasta 1.800 msnm cuyo nombre científico es *Vitis tiliaefolia* (Romero 1991). Los frutos de agraz son bayas globosas de 5 a 10 mm de diámetro, de color púrpura-oscuro en la madurez, con cáliz persistente en el ápice, pulpa comestible de sabor algo ácido, pero agradable, además contienen semillas numerosas y pequeñas (Hoyos, 1989). En Colombia, se presentan dos épocas de fructificación al año, una entre abril y mayo llamada mitaca y la cosecha mas abundante entre septiembre y diciembre (Arjona, 2001).

El uso de los frutos de agraz es en fresco o procesado en jugo, mermeladas, vinos, helados o pastelería y su valor nutracéutico se fundamenta, sobre todo, en su alto contenido de antioxidantes (vitaminas del complejo B y C) y minerales (K, Ca y P) (Arjona, 2001). También Gosch (2003), destaca el efecto altamente antioxidante de los frutos de *Vaccinium* (tres veces más alto que en frambuesas o fresas (Kalt *et al.*, 1999) lo cual es significativamente correlacionado con su contenido de antocianinas (Connor *et al.*, 2002). Vallejo (2000), reporta alto contenido de fibra bruta (16,2 a 17,4%, analizado en fruto seco que tuvieran una hu-

medad entre 84,2 y 85,6%), mientras Morales (1997), recomienda agraz para personas con diabetes, pues baja los niveles de azúcar.

El agraz pertenece a la familia de los "blueberries" norteamericanos (*Vaccinium spp.*, con frutos azul oscuros), que, según su comportamiento respiratorio, lo clasifica Kader (2002), como frutos climatéricos con tasas de respiración moderadas ($10-20 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) y de producción de etileno baja ($0,1-1,0 \text{ } \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$). Este autor categoriza los blueberries como no susceptibles a temperaturas bajas en poscosecha y Thiele (1999), recomienda temperaturas entre 1 a 2°C para un almacenamiento máximo entre 10 y 14 días. Las temperaturas bajas, hasta 0°C, en el almacenamiento de los productos hortofrutícolas reducen la actividad de las enzimas involucradas en la respiración que tienen su óptimo a los 36°C (Adams y Early, 2004). Keipert (1981), informa que *Vaccinium* cultivados se pueden almacenar hasta tres semanas en atmósferas controladas, a 50% CO₂ y 1% O₂, entre -1 y 0°C y 90 a 95% HR.

En Colombia, los parámetros de calidad establecidos por los diferentes compradores en el ámbito nacional son altamente exigentes, siendo el mercado para el agraz concentrado en estratos 4, 5 y 6 el cual exige niveles fito-sanitarios óptimos, como bayas enteras, limpias, sanas, libres de daños causados por plagas y enfermedades o maltratos en poscosecha; además, de las características físicas ideales las cuales son tamaño mínimo 6 mm, color morado oscuro, casi negras, forma redonda de apariencia brillante sin que estén despitonadas ni maduras, de

textura suave pero firme al tacto, frescas, libres de humedad y sin rajaduras ni rupturas de la epidermis (Carulla Vivero S. A., 2006).

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las características fisicoquímicas y organolépticas del agraz, siendo una especie promisoría con poca información, además determinar las variaciones que existen en fruta fresca y almacenada a 2°C durante 9 días.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fruta fue recolectada en una población silvestre de plantas ubicada en el municipio de Chiquinquirá (Boyacá); luego se dió un posterior traslado hacia la empresa C.I. "La Cosecha" en Bogotá, donde los frutos fueron desinfectados, clasificados y seleccionados como material para mercado nacional según exigencias de Carulla Vivero S.A. (2006), se empacaron en cajas plásticas de 125 g con perforaciones. En el laboratorio del Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, fueron realizadas las mediciones fisicoquímicas del fruto del día 0 y el resto del material fue almacenado en un cuarto frío a 2°C y 90% de humedad relativa (HR).

Inicialmente se realizaron mediciones de diámetro, peso y sólidos solubles con 30 frutos escogidos al azar con el fin de establecer la relación con la vida poscosecha del producto. Las evaluaciones se efectuaron en frutos frescos al día 0 a temperatura ambiente y a los 3, 6 y 9 días en frutos almacenados a 2°C.

Cada tres días se midieron las siguientes

variables: **sólidos solubles totales** (refrac-tómetro manual Euromex Microscopes-Holland, RF 0.232 HC TYPE (0-32%); **pH** (potenciómetro digital marca Orion Modelo 420); **acidez total titulable** (titulación con NaOH 0,1 mol L⁻¹. La acidez titulable del fruto del agraz, se expresó como ácido cítrico en porcentaje, por ser el más predominante en bayas de *Vaccinium* (Hermann, 2001); **ácidos orgánicos** por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, marca Jasco) que portaba una columna (300 x 7,8 mm) de METACHEM 87-H. Las especificaciones de la columna precisan que la fase móvil debe ser levemente ácida, por esto se utilizó como fase móvil una solución de H₂SO₄ 4,0 mM (flujo: 0,6 mL · min⁻¹), preparado a partir de ácido sulfúrico grado analítico y agua grado HPLC. De acuerdo con ICTA (2006), se pesaron 5 g de fruta macerada, se adicionaron 15 mL de fase móvil y se agitó en la placa magnética por 5 min. El contenido del beaker se llevó a un balón aforado de 50 ml, y se completó el volumen con fase móvil desgasificada y se homogenizó. La solución resultante se centrifugó a 4.500 rpm por 5 min, se tomó el sobrenadante y se pasó por un filtro de membrana de 0,45 µm, con ayuda de una jeringa. Posteriormente se tomó 100 µL del filtrado y con ayuda de una micropipeta se diluyó con 900 µL de la fase móvil. Se inyectó esta solución para determinar los ácidos orgánicos cítrico, málico y ascórbico (vitamina C). Para la determinación de la vitamina C el detector (UV-975 marca Jasco) estuvo a una longitud de onda de 254 nm y para los demás ácidos orgánicos de 210 nm; **diámetro y pérdida de peso fresco**, en 20 frutos seleccionados se midió el diámetro con un calibrador pie de rey y se pesaron con una báscula Vibra

AJ.

Análisis sensorial. Como estudio final se realizó un análisis sensorial con 9 panelistas entrenados del ICTA, el cual consistió en comparar las características que presenta la fruta en fresco y la fruta almacenada durante 9 días a 2°C. Los atributos evaluados fueron en orden de valoración: (1) apariencia, (2) aroma y sabor y (3) textura.

Análisis de datos. Para el análisis sensorial se utilizó la prueba de t. En los promedios de los resultados en las figuras se muestran los intervalos (barras) que indican \pm una desviación estándar, los cuales se aprecian en el caso de ser más grandes que los símbolos de la curva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso fresco del fruto. El peso, a menudo, es una medición más precisa para la separación de su tamaño (Kays, 2004). La pérdida de peso fresco del fruto de agraz inició a partir del día 3 de almacenamiento con su mayor reducción entre los días 6 y 9 (Figura 1). Las bayas

perdieron peso en un 5,5% durante los 9 días del estudio que es dentro del rango reportado por Burg (2004), quien afirma que la mayoría de los frutos, dependiendo de la especie, pierde su frescura cuando transpiran más del 3 al 10% de su peso fresco. El 5,5% está cerca del 5,0%, valor tolerado para la pérdida de peso en las manzanas y naranjas, antes de que el producto se vuelva no comerciable (Burg, 2004).

Desde el punto de vista de la vida poscosecha de productos perecederos, el déficit de presión de vapor de agua es una de las medidas que adquiere primordial importancia, pues esta mide la diferencia en la presión del vapor de agua al interior de un producto almacenado y su entorno. Según Manrique (1998), cuanto mayor sea el déficit de presión de vapor de agua (un mayor gradiente), las pérdidas de agua serán superiores lo que se traduce en pérdidas de peso en el transcurso del tiempo. En el estudio se presentó una humedad relativa (HR) del 90% en la atmósfera, siendo un 10% menor que en el interior del fruto (cerca del 100%).

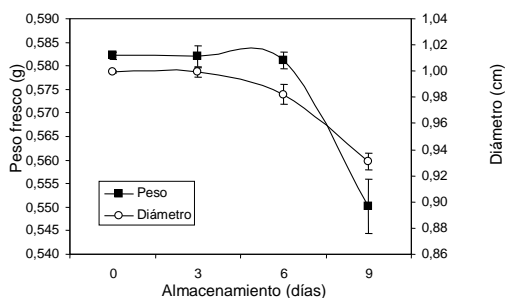


Figura 1. Comportamiento del peso fresco y del diámetro del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale*), almacenado a 2°C y 90% HR durante 9 días. Los intervalos (barras) indican \pm una desviación estándar.

Kader (2002), afirma que la pérdida de agua es la causa principal del deterioro del fruto porque resulta no solamente una pérdida cuantitativa directa (peso fresco), sino también de pérdidas en apariencia y frescura (marchitamiento y arrugamiento), calidad de textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de lo crujido y jugosidad) y calidad nutritiva. Según Burg (2004), la pérdida de agua de los frutos no causa solamente arrugamiento, marchitamiento, encogimiento y pérdida de firmeza, sino también, el estrés hídrico el cual puede inducir cambios hormonales como una mayor producción de etileno y ácido abscísico que pueden acelerar senescencia, desintegración de las membranas y el escape del contenido celular.

Al parecer, la pérdida de peso de las bayas de agraz fue principalmente causada por la transpiración de los mismos, debido a que los frutos, en general, pierden tres a cinco veces más por transpiración que por respiración (Winter *et al.*, 1992).

Teniendo en cuenta que el sistema dermal (coberturas externas protectoras: incluyendo la cutícula, células epidermales, estomas, lenticelas y tricomas) del fruto regula la pérdida del agua (Kader, 2002) durante los primeros seis días estas estructuras protegieron este órgano contra la transpiración efectivamente. Además, considerando que un factor importante en la tasa de pérdida de agua de un producto es la relación superficie/volumen (Wills *et al.*, 1998), esta alta relación de las bayas de agraz, durante los primeros días de almacenamiento, no afectó esta pérdida como normalmente se esperaría de un fruto tan pequeño

como es el agraz que debería perder mucho más agua por área de superficie que un fruto más grande.

Diámetro del fruto. La disminución del diámetro del fruto ocurrió después del tercer día de almacenamiento (Figura 1), cuando el fruto redujo su peso fresco debido, principalmente, a la pérdida de agua (ver curva peso fresco) que es uno de los efectos cuantitativos más notables (Kader, 2002). Esta reducción en tamaño es inducida en mayor grado por la transpiración y en menor grado por la respiración del fruto que se manifiesta en su encogimiento (Winter *et al.*, 1992).

Debido a la variabilidad entre temporadas, manejo de cultivo, carga de frutos por planta y variedades, hasta ahora no se ha establecido una relación tamaño/madurez categorizada, sin embargo, la observación del incremento del tamaño, diario o semanal, puede dar al productor información importante sobre el desarrollo del fruto (Jackson y Looney, 1999).

Sólidos solubles totales (SST). En general, el contenido de los SST en el jugo del agraz no varió mucho durante los 9 días de almacenamiento, mostrando la tendencia de disminuir ligeramente durante los primeros 3 días y después mostró un aumento hacia el final del estudio (Figura 2). Teniendo en cuenta que el contenido de los SST está constituido, en general, por 80 a 95% de azúcares (Fischer y Martínez, 1999), la reducción en los primeros tres días pudo haber sido por un gasto en la respiración del fruto (Kays, 2004), más tarde, por un efecto de concentración,

disminuyó el peso del fruto (Figura 2), y el contenido de los SST aumentó. Ryugo (1993), constata que los valores de SST tienden a incrementarse con el tiempo de almacenamiento debido a que los frutos pierden humedad en un gradiente mayor con respecto al desdoblamiento del azúcar en la respiración.

Los azúcares (mono y disacáridos) son parte de los carbohidratos que son de una importancia especial para el metabolismo

de las plantas, siendo producto directo de la fotosíntesis y por eso el compuesto primario para el almacenamiento de energía y las sustancias orgánicas básicas de los cuales otros compuestos orgánicos son sintetizados (Kozłowski y Pallardy, 1997). Los azúcares, según Kays (2004), son compuestos importantes utilizados como sustrato en el proceso de la respiración y como esqueletos de carbono para síntesis de nuevos metabolitos y otros procesos en la maduración.

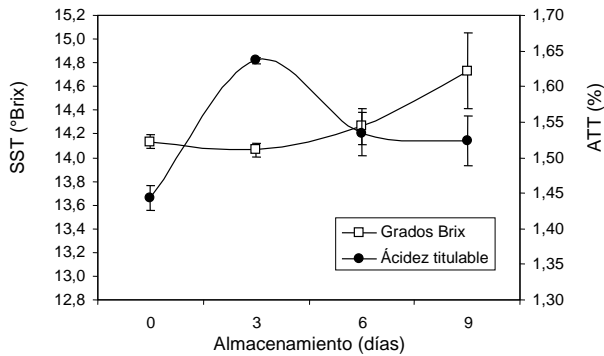


Figura 2. Comportamiento del contenido de los sólidos solubles totales (°Brix) y de la acidez total titulable del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale*), almacenado a 2°C y 90% HR durante 9 días. Los intervalos (barras) indican \pm una desviación estándar.

Se podría afirmar, que las bayas de agraz están hidrolizando almidón en azúcar (presentándose en los frutos de especies *Vaccinium* un comportamiento clima-térico (Kader, 2002) acumulando en este órgano almidón para desdoblarlo durante la maduración (Osterloh *et al.*, 1996), sin embargo, no se conoce el comportamiento y la concentración de este polisacárido en el fruto del agraz. Por otro lado, las protopectinas en las paredes celulares se

hidrolizan a pectinas solubles que pueden contribuir al aumento de la concentración de los SST (Ryugo, 1993), afirmación que fue confirmada por el panel de degustación que percibió una reducción de la textura en los frutos 9 días almacenados comparando con los frescos del día 0 (Figura 5).

Acidez total titulable (ATT). La ATT, medida como porcentaje de ácido cítrico durante los 9 días de almacenamiento

del agraz, se muestra en la Figura 2, donde se puede observar que la variación del porcentaje de la ATT fue poca, en un rango de 1,44 a 1,63. El contenido de la ATT, después de un comportamiento ascendente hasta el día 3, presentó una reducción hasta el sexto día, para mantener este nivel hasta finalizar el almacenamiento. El comportamiento del porcentaje de la acidez fue inversamente proporcional al pH (Figuras 2 y 3).

Se supone, en primera instancia, que la baja temperatura reduce el desdoblamiento de los ácidos y en segunda, el encogimiento del fruto debido a la pérdida del agua (Figura 1), causando un efecto de concentración al final del almacenamiento, originó la conservación y el aumento de los porcentajes de acidez, siendo importante para que el fruto resista el estrés por frío y los ataques por insectos y hongos (Wills *et al.*, 1998).

El aumento de la acidez total titulable en el día 3 no se puede explicar claramente teniendo en cuenta las funciones tan variadas de los ácidos orgánicos: (a) participa directamente en la respiración aeróbica y anaeróbica sobre el ciclo de ácidos tricarboxílicos, (b) en muchos frutos forma el segundo depósito de energía más importante (después de los carbohidratos) y (c) es la base e intermedio de los productos para todas la síntesis en el metabolismo primario y secundario del fruto (Osterloh *et al.*, 1996).

Kays (2004), afirma que los precursores inmediatos de los ácidos orgánicos no son solamente otros ácidos orgánicos sino también los azúcares, pudiendo

jugar un papel en el aumento de la acidez en el día 3 de almacenamiento.

También otros autores, como Sasson y Monselise (1977), observaron un aumento del ácido malónico durante el almacenamiento de naranjas 'Shamouti', mientras Osterloh *et al.* (1996), reportan el aumento de la acidez en el fruto almacenado cuando incrementa la concentración del CO₂ en atmósfera del cuarto frío (atmósfera controlada o modificada).

Relación de madurez (SST/ATT). La relación SST/ATT no muestra grandes cambios (Figura 3), solamente a los 3 días de almacenamiento, debido a la reducción de los °Brix y el aumento de la ATT, se disminuyó notoriamente, lo que indica que en este día el fruto tiene un sabor agridulce más elevado que en los otros días de evaluación.

La relación de madurez sirve para medir la calidad organoléptica de los frutos (Rodríguez, Arjona y Galvis, 2006). Esta relación tiene suma importancia para el sabor del fruto y de su jugo, teniendo en cuenta que cuando el fruto tiene un contenido alto de azúcares, el nivel de los ácidos debe ser suficientemente elevado para satisfacer el gusto del consumidor (Osterloh *et al.*, 1996). Keipert (1981), menciona que a medida que aumente la relación de madurez en las especies de *Vaccinium* cultivadas, disminuye el sabor y también la aptitud para su almacenamiento.

pH. El pH presentó una ligera disminución hasta el día 3, un aumento en el sexto día y a final un descenso por debajo del valor inicial (Figura 3).

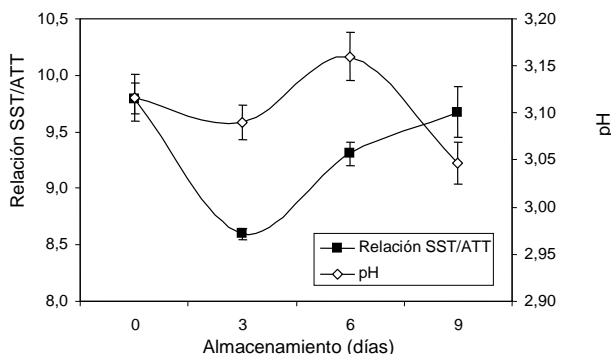


Figura 3. Comportamiento de la relación de madurez (sólidos solubles totales, SST/acidez total titulable, ATT) y del pH del fruto de agraz (*Vaccinium meridionale*), almacenado a 2°C y 90% HR durante 9 días. Los intervalos (barras) indican \pm una desviación estándar.

Pantástico (1981), describió que un aumento del pH ocurre debido a la reducción de la ATT confirmando de manera general, las primeras tres mediciones del estudio (ver Figura 2) y esta relación entre pH y ATT no siempre puede ser directa, teniendo en cuenta que el pH interactúa con otros factores en el fruto como el tipo de tejido (Kays, 2004), sales, temperatura y potencial redox (Bari *et al.*, 2005), entre otros.

En frutos, más del 90% del volumen celular ocupa la vacuola, la cual usualmente es muy ácida, inferior a 5 (Nanos y Kader, 1993); afirmación que coincide con los resultados encontrados en los frutos maduros de agraz, con pHs entre 3,05 y 3,11, y que es muy similar a la acidez de *V. corymbosum* con un valor de 3,1 (Keipert, 1981). Debido a este pH se pueden clasificar dentro del grupo de los frutos ácidos, que también concuerda con sus exigencias de un suelo ácido con un pH entre 4,5 y 5,5 (Darnell, 2000).

Ácidos orgánicos. Mientras el contenido de los ácidos cítrico y málico durante los primeros 6 días de almacenamiento varió muy poco (Figura 4), este aumentó después hasta el noveno día, en un 52% para el cítrico y en un 49 % para el málico. Este aumento se podría atribuir a un efecto de concentración (Friedrich y Fischer, 2000), disminuyéndose en el mismo lapso el contenido de agua (peso fresco) y el diámetro de los frutos. Además, debido a factores genéticos y ambientales, los ácidos orgánicos pueden cambiarse cualitativamente y cuantitativamente durante la maduración de los frutos (Osterloh *et al.*, 1996). También, Kays (2004), describe que durante el almacenamiento los cambios varían con el ácido en cuestión, el tipo de tejido del fruto, las condiciones del manejo y conservación poscosecha, variedad, año y otros parámetros.

El ácido ascórbico, la forma biológica principal de la vitamina C (Morris y Brady,

2005), disminuyó su contenido ligeramente entre el día 3 y 6, mientras al final lo aumentó al mismo nivel de inicio (8 mg/100 g), debido probablemente al efecto de concentración hasta este último día del almacenamiento (Figura 4). El contenido de vitaminas puede concentrarse, como lo reportaron Fischer y Martínez 1999, para la uchuva, cuando el fruto sobremaduro aumentó la concentración de provitamina A (β -caroteno)

debido a su encogimiento, situación parecida al agraz en este estudio. Así mismo, Friedrich y Fischer (2000), constatan que con una reducción de la temperatura se puede disminuir la degradación del ácido ascórbico. En general, las condiciones del ensayo permitieron poca pérdida de vitamina C durante los 9 días, teniendo en cuenta que la reducción de esta vitamina es muy perjudicial para la calidad nutritiva de un fruto (Kader, 2002.)

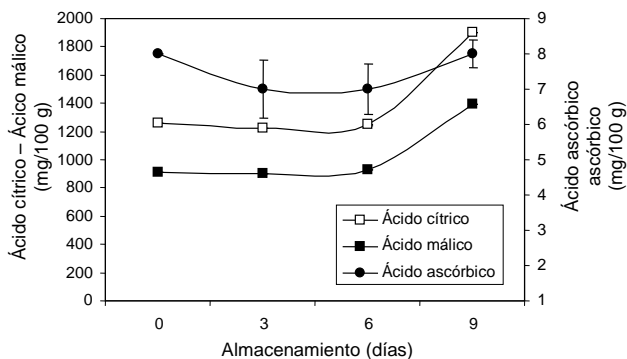


Figura 4. Comportamiento de los ácidos cítrico, málico y ascórbico en frutos de agraz (*Vaccinium meridionale*), almacenados a 2°C y 90% HR durante 9 días. Los intervalos (barras) indican \pm una desviación estándar.

Solamente en el caso de los ácidos ascórbico y cítrico se encontró una leve disminución durante los primeros 3 días del almacenamiento, comportamiento que describen Wills *et al.* (1998), por su uso en la respiración o conversión en azúcares.

La concentración de ácido ascórbico encontrado en el agraz (*V. meridionale*) coincide exactamente con los 8 mg/100 g del fruto de la *Vaccinium* del bosque (*V. myrtillus*) (Keipert, 1981); sin embargo,

es menor que lo reportado por Westwood (1993), en *Vaccinium* cultivados (*V. corymbosum*) que tienen un valor promedio de 14 mg/100 g de fruto. En contraste a la baya de la uva (*Vitis vinifera*), en la cual el ácido tartárico es predominante (Ulrich, 1970), en el agraz no se encontró presencia de este ácido orgánico.

Teniendo en cuenta que especialmente la temperatura es el factor que tiene la mayor influencia sobre la degradación

de la vitamina C (Morris y Brady, 2005), los 2°C del estudio fueron muy favorables para la conservación del ácido ascórbico, además este ácido es más estable en frutos ácidos (Lee y Kader, 2000).

Análisis sensorial. Como estudio final se realizó un análisis sensorial, comparando frutos frescos contra los frutos

almacenados (a los nueve días), encontrándose que los frutos frescos obtuvieron una buena aceptación tanto en apariencia, aroma, sabor y textura, mientras que los almacenados aún calificaron tanto en aroma como en sabor (Figura 5). La prueba de t arrojó diferencias significativas ($P < 0,001$) en las tres variables estudiadas y la puntuación total.

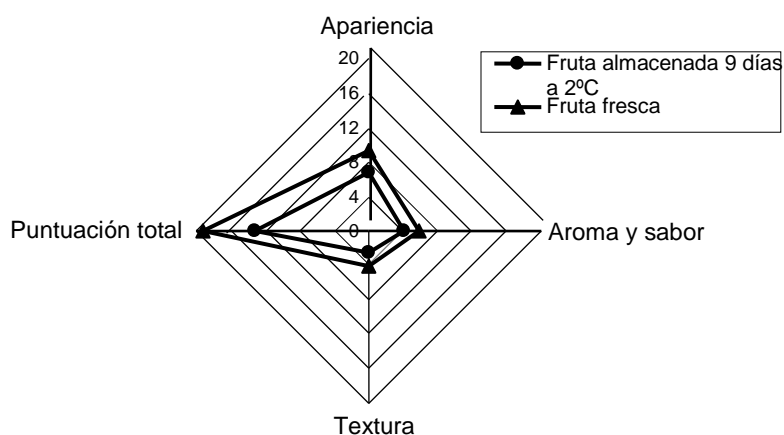


Figura 5. Análisis sensorial de frutos de agraz (*Vaccinium meridionale*) frescos y almacenados a 2°C durante 9 días.

En los frutos almacenados, la reducción de la apariencia se debe, especialmente, al encogimiento y arrugamiento de los frutos por la pérdida de agua (Figura 1), mientras la disminución de la textura está en concordancia con lo reportado por Kays (2004), que durante la maduración de los frutos las moléculas grandes de pectina en las láminas medias son reducidas por hidrólisis, igualmente como el contenido de galactosa en las paredes celulares. En muchos frutos, la óptima

firmeza define su grado de maduración siendo esta también dependiente de los requerimientos específicos para su uso particular (Toivonen y Beveridge, 2005).

Después de terminado el almacenamiento, el aroma y sabor también se redujeron (Figura 5), teniendo en cuenta que según Jackson y Looney (1999), estos componentes se aumentan hasta la madurez, sin embargo declinarán en la medida que el fruto sobremadure o sean suplementados por

otros sabores menos deseados. Estos autores, además afirman que el sabor es determinado por muchos componentes incluyendo azúcar, almidón, ácidos y compuestos específicos. Estos últimos son numerosos compuestos aromáticos, generalmente ésteres y alcoholes que pueden dar el sabor característico al fruto.

Keipert (1981), recomienda que los frutos almacenados de *Vaccinium* se deben comer o ser procesados inmediatamente después de su salida del cuarto frío porque están en la calidad por debajo de los frutos frescos, lo que coincide completamente con este estudio (Figura 5). Esta afirmación vale especialmente para las bayas almacenadas a bajas temperaturas (0°C) debido a que se condensa agua sobre ellas en el momento de recogerlas del cuarto frío, por lo que se les hace sumamente susceptibles a *Botrytis*.

CONCLUSIONES

Durante los 9 días de almacenamiento, la mayoría de los cambios físico-químicos fueron de poca magnitud.

El peso fresco, el diámetro del fruto y el pH presentaron una ligera disminución a través del estudio mientras la acidez total titulable y los sólidos solubles aumentaron por un posible efecto de concentración.

El ácido orgánico predominante en el fruto de agraz fue el cítrico seguido por el málico.

Los frutos frescos tuvieron buena aceptación en los parámetros de aroma, sabor y textura, mientras los frutos que permanecieron 9 días almacenados a 2°C, calificaron aún en sabor y aroma.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a COLCIENCIAS (Proyecto "Zonificación de las especies agraz (*Vaccinium spp.*) y una aproximación de su manejo agronómico con cultivos promisorios para la zona alto andina colombiana") por la financiación del estudio, al Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, por los análisis, a William Amaya por la donación de los frutos y a Bernardo Chaves por el análisis estadístico.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, C.R. and M.P. Early. 2004. Principles of horticulture. 4th ed. Elsevier, Amsterdam, Boston. 230 p.
- Arjona B., B. 2001. El mortiño o agraz (*Vaccinium meridionale*, Ericacea) como planta promisorio en la región del parque Arvi (Antioquia, Colombia). Seminario de Plantas Promisorias. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín.
- Bari, M.L. Y. Sabina, S. Kawamoto and K. Isshiki. 2005. Microbial ecology and spoilage. pp. 379-419. En: Lamikanra, O., S. Iman, y D. Ukuku (eds.). Produce degradation. Pathways and prevention. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL. 677 p.

- Burg, S.P. 2004. Postharvest physiology and hypobaric storage of fresh products. CABI Publishing, Wallingford (UK). 654 p.
- Camp, W.H. 1945. The northamerican blueberries with notes on other groups of *Vacciniaceae*. Brittonia. 5(3):203-275.
- Carulla Vivero S.A. 2006. Comunicación personal. Bogotá.
- Connor, A.M., J.J. Luby, J.F. Hancock, S. Berkheimer and E.J. Hanson. 2002. Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold temperature storage. J. Agr. Food Chem. 50(4):893-898.
- Darnell, R.C. 2000. Blueberries. p. 429-444. En: Erez, A. (ed.). Temperate fruit crops in warm climates. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London. 463 p.
- Fischer, G. y Martínez, O. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. Agr. Colomb. 16(1-3):35-39.
- Friedrich, G. y M. Fischer. 2000. Physiologische Grundlagen des Obstbaues. Verlag Ulmer, Stuttgart. 512 p.
- Gosch, C. 2003. Antioxidative effects of blueberries (*Vaccinum* sp.): an overview. Erwerbsobstbau. 45(6):117-124.
- Hermann, K. 2001. Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Verlag Ulmer, Stuttgart. 200 p.
- Hoyos, J. 1989. Frutales en Venezuela (nativos y exóticos). Monografía 36. Sociedad de Ciencias Naturales, La Salle, Caracas, Venezuela. 104 p.
- Instituto Colombiano de Ciencia y Tecnología de Alimentos 2006. Manual de procedimientos – frutas. Universidad Nacional de Colombia, ICTA, Laboratorio de Control de Calidad, Bogotá. 21 p.
- Jackson, D.I. and Looney, N.E. 1999. Producing and marketing quality fruit. pp. 85-108. In: Jackson, D.I. and Looney, N.E. (eds.). Temperate and subtropical fruit production. 2nd edition. CABI Publishing. Wallingford (UK): 332 p.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. pp. 39-62. In: Kader, A.A. (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3th edition. Publication 3311. University of California, Agricultural and Natural Resources, Oakland, Ca. 535 p.
- Kalt, W., C.F. Forney, A. Martin and R.L. Prior. 1999. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. J. Agric. Food Chem. 47(11):4638-4644.
- Kays, S. 2004. Postharvest biology. Exon Press, Athens (Georgia). 568 p.
- Keipert, K. 1981. Beerenobst. Verlag Ulmer, Stuttgart 349 p.
- Kozlowski, T.T. and S.G. Pallardy. 1997. Physiology of woody plants. Academic Press, San Diego, Londres. 411 p.
- La Montaña Mágica. 2000. Programa de capacitación sobre recolección del morrillo. Corantioquia, Medellín.
- Lee, S.K. and A.A. Kader. 2000. Preharvest and postharvest factor influencing vitamin C content of

- horticultural crops. Post-harvest Biol. Technol. 20(3): 207-220.
- Ligarreto, G.A., A. Montaña, J.D. Muñoz, L. Matallana y M. Perea. 2008. Agraz (*Vaccinium sp.*). En: Perea, M., L. Matallana y A. Tirado (eds.). Biotecnología aplicada al mejoramiento de los cultivos de frutales tropicales. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá: (en imprenta).
- Manrique, K. 1998. Nociones de manejo poscosecha. Departamento de Mejoramiento y Recursos Genéticos, CIP. En: <http://www.cipotato.org/newindex.asp>. Consulta: Noviembre 2005.
- Morales, A.R. 1997. Frutoterapia – los frutos que dan vida. Ecoe Ediciones, Bogotá. 207 p.
- Morris, J.R. and P.L. Brady. 2005. Temperature effects on produce degradation. pp. 599-647. En: Lamikanra, O., S. Imam and D. Ukuku (eds.). Produce degradation. Pathways and prevention. CRC Press, Boca Raton (FL).
- Nanos, G.D. and A.A. Kader. 1993. Low O₂-induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. Postharvest Biol. Technol. 3:285-291.
- Osterloh, A., G. Ebert, W.H. Held, H. Schulz, and E. Urban. 1996. Lagerung von obst und südfrüchten. Verlag Ulmer, Stuttgart, Baden-Württemberg. 253 p.
- Pantastico, E.R. 1981. Fisiología de post-recolección. v.1. Limusa, México. p. 812-815.
- Patiño, M. del P. y G.A. Ligarreto. 2006. Caracterización morfológica *in situ* de poblaciones espontáneas de *Vaccinium sp.* en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca y Nariño. En: Fischer, G., D. Miranda, W. Piedrahita y S. Magnitskiy (eds.). p. 112. En: Memorias Primer Congreso Colombiano de Horticultura. Unibiblos, Bogotá. 240 p.
- Rodríguez, M., H.E. Arjona y J.A. Galvis. 2006. Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8 - 4 a temperatura ambiente en condiciones de Bogotá. Agron. Colomb. 24(1):68-76.
- Romero, R. 1991. Frutas silvestres de Colombia. 2 ed. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica, Bogotá. 661 p.
- Ryugo, K. 1993. Fruticultura: ciencia y arte. AGT Editor, México. 460 p.
- Sasson, A. and S.P. Monselise. 1977. Organic acid composition of 'Shamouti' organes at harvest and during prolonged postharvest storage. J. Am. Soc. Hort. Sci. 102(3):331-336.
- Thiele, G. 1999. Berry fruit. p. 209-227. En: Jackson, D.I. and N.E. Looney (eds.). Temperate and subtropical fruit production. 2 ed. CABI Publishing, Wallingford (UK). 332 p.
- Toivonen, P.M.A. and T.H.J. Beveridge. 2005. Maturity, ripening, and quality relationship. p. 55-77. En: Lamikanra, O., S. Imam and D. Ukuku. (eds.). Produce degradation. Pathways and prevention. CRC Press, Boca Raton (FL). 677 p.

Ulrich, R. 1970. Organic acids. p. 452-453. En: Hulme, A.C. (ed.). The biochemistry of fruits and their products. v.1. Academic Press, New York. 620 p.

Vallejo, D.A. 2000. Fomento al mortiño (*Vaccinium meridionale*) como especie promisoría del Parque Regional Arví. Corantioquia, Medellín.

Westwood, M.N. 1993. Temperate zone pomology: physiology and culture. Timber Press, Portland (Oregon). 523 p.

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham and D. Joyce. 1998. Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB Intl. New York. 262 p.

Winter, F. Janssen, H. Kennel, W. Link, H. Scherr, F. Silbereisen, R. and Streif, J. 1992. Lucas' Anleitung zum obstbau. Verlag Ulmer, Stuttgart, Baden-Württemberg. 415 p.