

## Maduración del fruto de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) en los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente en condiciones de la Sabana de Bogotá

### Pineapple guava fruit (*Acca sellowiana* Berg) clone 41 (Quimba) and 8-4 ripening in summertime temperatures found on the Sabana de Bogotá

Mariela Rodríguez<sup>1</sup>, Harvey E. Arjona<sup>2</sup> y Jesús Antonio Galvis<sup>3</sup>

**Resumen:** Con el propósito de seleccionar los mejores frutos de feijoa (*Acca sellowiana* Berg) para exportación, se realizó un estudio de maduración con los frutos de los clones 41 (Quimba) y 8-4, mantenidos a temperatura promedio de 16,3 °C y HR promedio de 65,1%. El clon 8-4 fue evaluado por 14 d y el clon 41 (Quimba) por 18 d. Diariamente se registraron las variables intensidad respiratoria, sólidos solubles totales, acidez total titulable, pH y pérdida de peso. La intensidad respiratoria se determinó por cromatografía de gases y los azúcares, por cromatografía líquida de alto desempeño (HPLC) cada 2 d. Ambos clones exhibieron un patrón climaterico de respiración, y los azúcares más abundantes durante el proceso de maduración fueron fructosa, sacarosa y glucosa. Aunque no hubo diferencias estadísticas entre los clones, el clon 8-4 presentó mayor pérdida de peso y el clon 41 (Quimba) conservó por mayor tiempo sus características bioquímicas.

**Palabras claves adicionales:** intensidad respiratoria, climaterio, sólidos solubles totales, azúcares

**Abstract:** A ripening study was carried out involving two promising clones in the environmental conditions found at Sabana de Bogotá (reduced rainfall, 16,35 °C and 65,1% HR) for selecting the best pineapple guava fruit (*Acca sellowiana* Berg) for exportation. The 8-4 clone was evaluated for 14 d and the 41 (Quimba) clone for 18 d. Respiratory intensity, total soluble solids, titratable total acidity, pH and weight loss were determined every day. Respiratory intensity was determined by gas chromatography; sugars were determined every 2 d by HPLC. Both clones exhibited a climacteric respiration pattern and fructose, sucrose and glucose were the most abundant sugars during ripening. Although no significant statistical differences were observed between clones, the 8-4 clone had larger weight loss and the 41 (Quimba) clone conserved its biochemical characteristics for a longer time.

**Additional key words:** respiratory intensity, total soluble solids, sugars, fructose, glucose, sucrose

### Introducción

LA FEIJOA (*ACCA SELLOWIANA* BERG) es considerada como un cultivo promisorio para la región andina colombiana (Manrique, 2003). Es un fruto rico en yodo, vitamina C (Hoffman et al., 1994) y flavonoides con propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Vuotto

et al., 2000; Ielpo et al., 2000); tiene agradable sabor y aroma para el consumidor. Los clones 41 (Quimba) y 8-4, desarrollados en Colombia, tienen características fisicoquímicas deseables para exportación, sin embargo, es importante conocer con mayor detalle el proceso de maduración a temperatura ambiente, con el fin de minimizar las pérdidas asociadas a la

Fecha de recepción: 18 de enero de 2006  
Aceptado para publicación: 11 de mayo de 2006

<sup>1</sup> Docente ocasional, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: mrodriguez@unal.edu.co

<sup>2</sup> Asesor fisiología vegetal, BASF Colombia, Bogotá. e-mail: hearjonad@unal.edu.co

<sup>3</sup> Profesor asociado, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA), Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. e-mail: jagalvisv@unal.edu.co

comercialización del fruto, ya sea para mercado nacional o internacional.

Durante el proceso de maduración, en los frutos carnosos se generan cambios en la composición química, color, textura, tasa respiratoria y cambios químicos en los carbohidratos de la pared celular, que al degradarse incrementan el nivel de azúcares que contribuyen a mejorar la palatabilidad del fruto (Brady, 1987; Kader, 1992). Aunque la feijoa se reporta como un fruto climatérico (Galvis, 2003; Gallego et al., 2003; Seymour et al., 1993), en los clones 41 (Quimba) y 8-4 es mínima la información al respecto.

A medida que transcurre el proceso de maduración, la feijoa experimenta cambios físicos, como la pérdida de peso, y el deterioro del sabor, asociado con la disminución de la acidez total titulable y los sólidos solubles totales (Klein y Thorp, 1987). Estudios similares en feijoa reportan que los sólidos solubles totales y el pH aumentan durante la maduración, mientras que la acidez total titulable disminuye (Galvis, 2003; Gallego et al., 2003). En otros frutos carnosos, como el durazno, la manzana y la guayaba, se ha determinado que el azúcar más abundante durante el proceso de maduración es la fructosa y en menor cantidad se encuentran la sacarosa y la glucosa (Salisbury y Ross, 2000; Rezende et al., 1984; Paull y Goo, 1983). En tomate y durazno, los frutos considerados de mejor calidad han mostrado mayores contenidos de fructosa (Picha, 1987; Robertson et al., 1988).

Como objetivo de este trabajo se planteó evaluar algunos cambios bioquímicos y físicos durante el proceso de maduración de los frutos de feijoa de los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente, en condiciones de la Sabana de Bogotá.

## Metodología

Los frutos de feijoa usados en este ensayo fueron cosechados según el criterio de la finca, que corresponde a frutos de tamaño promedio de 70 g. El estudio de la maduración se realizó con los clones 41 (Quimba) y 8-4 en condiciones ambientales de la Sabana de Bogotá, con una temperatura promedio de 16,3 °C y humedad relativa promedio de 65,1%. Las condiciones ambientales se determinaron con un termohigrógrafo.

Para el estudio de la maduración del fruto de feijoa se realizaron determinaciones físicas y químicas, además

de la evaluación de la variable fisiológica respiración. En cuanto a las determinaciones químicas: los sólidos solubles totales se midieron como grados Brix con un refractómetro Carl Zeiss; el pH se determinó con un potenciómetro Orion, modelo 420 y la acidez titulable, mediante titulación con NaOH 0,1 N hasta pH 8,2 y se expresó como porcentaje de ácido cítrico. Los contenidos de azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) se determinaron por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC, siglas en inglés de high performance liquid chromatography), con un detector de índice de refracción y una columna Sugar Pack. Los grados Brix, el pH y la acidez titulable se determinaron diariamente; el contenido de azúcares se hizo cada 2 d, lo mismo que el contenido de almidón, analizado con el método de la amilasa/amiloglucosidasa (STA-20, Sigma). La hidrólisis del almidón se da por la acción de la enzima  $\alpha$ -amilasa, la cual divide los enlaces al interior del sustrato y, por la acción de la enzima amiloglucosidasa, que separa las unidades de glucosa a partir de las moléculas terminales no reducidas del sustrato (Kulp, 1975).

La intensidad respiratoria se midió diariamente durante el proceso de maduración. Para este análisis se usó un cromatógrafo de gases Hewlett-Packard 5890 con detector de conductividad térmica. Se usó una columna Carbo sieve  $\text{S}_{11}$  empacada a base de carbón activado y tamiz molecular; como gas de arrastre se utilizó helio de alta pureza. El  $\text{CO}_2$  se cuantificó por el método del estándar externo (Restrepo, 2004). La concentración de  $\text{CO}_2$  presente en el patrón fue 15%, certificado por la empresa Agafano. El cromatógrafo se programó con: temperatura inicial de la columna 50 °C, temperatura final de la columna 200 °C y temperatura del detector 250 °C; el tiempo de detección fue de 3,5 min, el volumen de inyección, 1 mL y el peso de la muestra, 200 g. La intensidad respiratoria del fruto se expresó en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ .

## Análisis estadístico

El análisis estadístico de la información se hizo para la variable física pérdida de peso, para las variables bioquímicas: sólidos solubles totales, pH y acidez total titulable, fructosa, glucosa y sacarosa y para la variable fisiológica intensidad respiratoria. Se utilizaron los programas Syntax y SPSS. A las variables mencionadas se les aplicaron análisis uni- y multivariantes, como Anovas, correlaciones, regresiones, análisis canónico discriminante y análisis de componentes principales (Hair et al., 1998).

## Resultados y discusión

### Análisis canónico

Para ocho variables evaluadas, comparando los dos clones, los Anovas mostraron un  $f$  con probabilidades mayores de 0,05, es decir, que no hay diferencias estadísticas entre los dos clones, lo que sugiere una gran similitud en el comportamiento poscosecha.

Aplicando el análisis canónico multigrupo, se obtuvo una única variable canónica, reduciéndose de 10 variables a una variable sintética. Sin embargo, en este análisis tampoco se registraron diferencias estadísticas para esas variables entre los dos grupos en conjunto ( $\chi^2 = 3,39$  con 10 grados de libertad,  $P > 0,10$  y  $\lambda$  de Wilks = 0,7542); para este último parámetro, valores cercanos a cero son los que plantean diferencias entre los grupos en estudio, mientras que valores cercanos a uno muestran una alta similitud.

### Análisis de componentes principales

En el clon Quimba, las variables de mayor impacto fueron sacarosa, sólidos solubles totales (SST), pH, glucosa y fructosa. Los dos primeros ejes explican 62,3% de la varianza y, dentro de éstos, el orden de importancia es: sacarosa con 86,3%, SST con 86,1%, pH con 79,4%, glucosa con 77,6% y fructosa con 69,5%.

En el clon 8-4, los dos primeros ejes explican 63,0% de la varianza para las 10 variables. En orden de importancia: los SST explican un 97,1%; la pérdida de peso, 96,5%; luego el pH, 87,7% y, en menor escala, la fructosa, 83,1%.

### Intensidad respiratoria

Los frutos de feijoa de los clones Quimba y 8-4 exhibieron un patrón respiratorio de tipo climatérico (figura 1), coincidiendo con varios autores (Seymour, 1993; Gallego et al., 2003; Valderrama et al., 2005). Este patrón climatérico también se reporta en guayaba (Akamine y Goo, 1979). En ambos clones, en los dos primeros días de almacenamiento se presentó el período preclimatérico, que se caracteriza por una disminución en la intensidad respiratoria.

En el clon 8-4, se observó un aumento en la intensidad respiratoria entre el segundo y el quinto día. En el quinto día, la primera alza respiratoria alcanzó un valor de 82,6  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ . Los grados Brix alcanzaron su mayor valor después del pico climatérico entre los días 6 y 8,

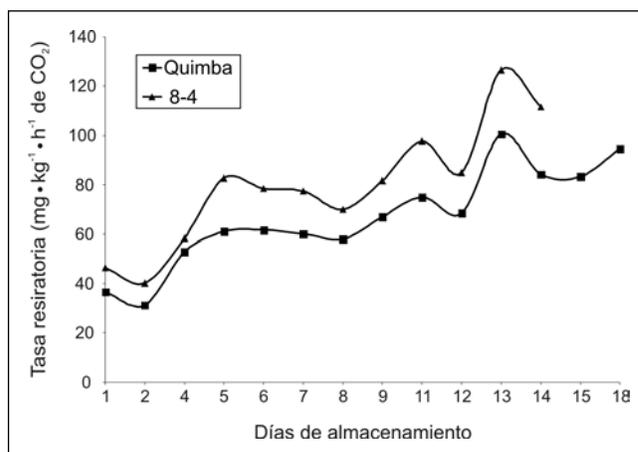


Figura 1. Perfil respiratorio de frutos de feijoa de los clones Quimba y 8-4 a temperatura ambiente (16,3 °C).

días en los que se alcanzó la madurez de consumo. Después del día 8, se incrementó nuevamente la tasa respiratoria hasta el día 13, para después descender. Durante este mismo período, se observó pardeamiento de la pulpa y pérdida de firmeza en el mesocarpio.

El clon Quimba presentó un comportamiento similar al clon 8-4, sin embargo, el pico climatérico se presentó el día 11 de almacenamiento, con una tasa respiratoria equivalente a 74,9  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  y el mayor valor de sólidos solubles (11,4°Brix), valores que después descendieron. La madurez de consumo se alcanzó el día 12 y el pardeamiento de la pulpa se observó a partir del día 16. Aunque los análisis estadísticos no mostraron diferencias significativas entre los dos clones, es evidente que el clon 8-4 tiene menor vida poscosecha e, incluso, la intensidad respiratoria es mayor en el cultivar 8-4 que en el clon Quimba al momento del climaterio. Al respecto Bower et al. (1998) indican que una intensidad respiratoria alta y continua se asocia con una vida corta de anaquel.

En condiciones de la Sabana de Bogotá, la feijoa se reporta como un fruto climatérico que alcanza el pico climatérico a los 5 d de almacenamiento, con una intensidad respiratoria de 55  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$  (Galvis, 2003). En el trabajo realizado por Gallego et al. (2003), la feijoa alcanza el pico climatérico entre los 6 y 7 d de almacenamiento, con una tasa respiratoria de 139,5  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  de  $\text{CO}_2$ . En este mismo trabajo, se reporta el cociente respiratorio ( $\text{CR}$ ) en feijoas almacenadas a tres temperaturas: ambiente, 12 y 7 °C; en todos los casos, los  $\text{CR}$  fueron superiores a la unidad, lo que sugiere que durante el proceso de maduración el fruto de feijoa

utiliza ácidos orgánicos como sustrato para ser respirado (Wills et al., 1998).

### Pérdida de peso

En el clon Quimba las pérdidas totales de peso fueron 17,3% en 18 d de almacenamiento, mientras que en el clon 8-4 fueron 17,5% en 14 d de almacenamiento (figura 2). La humedad relativa estuvo la mayoría de las veces por debajo de 70% y la temperatura varió entre 12,8 y 20 °C. Sin embargo, al mejorarse las condiciones de almacenamiento con disminución de temperatura y aumento de la humedad relativa, los frutos alcanzan un mayor tiempo de vida útil (Valderrama et al., 2005).

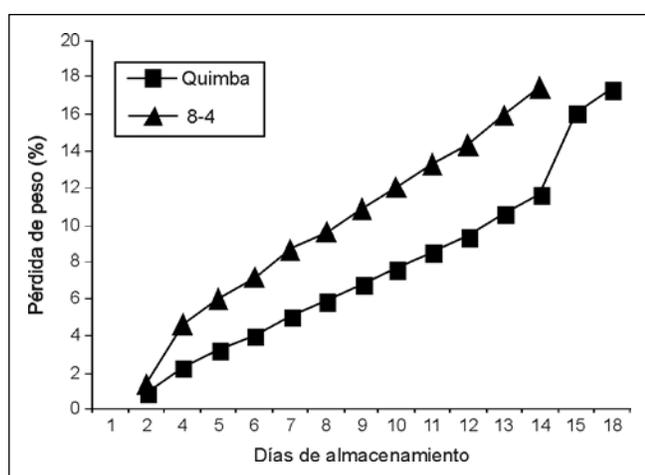


Figura 2. Porcentaje de pérdida de peso en frutos de feijoa de los clones Quimba y 8-4 a temperatura ambiente (16,3 °C).

Según Pantástico (1975), pérdidas de peso superiores a 5% causan deterioro en la calidad del producto y, por consiguiente, reducción en el precio. Así, frutos del clon 8-4 perdieron 5% de peso entre los días 4 y 5 de almacenamiento, mientras que los del clon Quimba lo perdieron al día 7 de almacenamiento. Estos resultados indican claramente que el clon 8-4 es más susceptible a las pérdidas de peso en condiciones de temperatura ambiente y humedad relativa baja, por lo que la fruta se debe comercializar antes del día 5. En el caso del clon Quimba, los frutos se deben comercializar antes del día 7, en condiciones de la Sabana de Bogotá.

La pérdida de peso se debe a pérdidas por transpiración y respiración. La pérdida de agua ocasiona daños de tipo oxidativo por causa de la desecación y, por otra parte, se pierden constituyentes antioxidantes. En hortalizas como la lechuga, el marchitamiento inducido

por la baja humedad está relacionado con la pérdida de ácido ascórbico (Toivonen, 2003).

En los frutos de feijoa, la pérdida de peso está correlacionada de manera inversa con la acidez titulable y de manera directa con la tasa respiratoria, lo que indica que la pérdida de peso está asociada con los procesos oxidativos. En cuanto al efecto de la temperatura y de la humedad relativa sobre la pérdida de peso, la feijoa se puede conservar por largos períodos a bajas temperaturas observándose una pérdida de peso también baja y una pérdida menor de sólidos solubles totales (Hoffmann et al., 1994; Valderrama et al., 2005).

### Almidón

Aunque el porcentaje de almidón se midió en el proceso de maduración, los resultados no son coherentes ya que se encontró una tendencia al aumento, cuando lo esperado es que se degrade en la poscosecha. Los resultados sugieren entonces que el método enzimático pudo generar una sobreestimación, ya que las enzimas pueden interactuar con otros carbohidratos que tengan enlaces  $\alpha$ -1,4 ó  $\alpha$ -1,6 glucosídicos en su estructura. Así, es importante tener en cuenta el metabolismo de la pared celular, ya que la protopectina es un carbohidrato que en el proceso de maduración se va rompiendo progresivamente en fracciones de bajo peso molecular (Wills et al., 1998); por otra parte, estudios realizados en pera muestran que durante la maduración del fruto la pared celular puede aportar azúcares como la glucosa en cantidades significativas (Ahmed y Labavitch, 1980; Martin et al., 1994), lo que cobra especial importancia en este caso ya que éste fue el azúcar que se midió enzimáticamente para cuantificar el almidón.

### Sólidos solubles totales (SST)

Como se observa en la figura 3, en los frutos del clon 8-4 los SST aumentaron desde el día 1 de almacenamiento hasta el día 6, es decir, un día después del climaterio, alcanzando un valor de 1,3 °Brix. Después, se observó una disminución, que puede estar asociada con las altas tasas respiratorias propias del clon. En el clon Quimba, el máximo valor de los SST se alcanzó el día 11, coincidiendo con el climaterio, para luego disminuir.

Según el análisis de componentes principales para ambos clones, la variable SST explica en el clon 41 (Quimba) un 86% y en el clon 8-4 un 97% de los cambios en la maduración del fruto, ya que es una variable

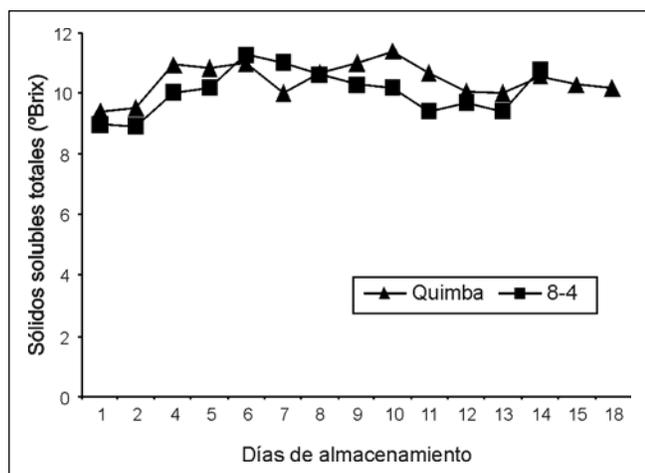


Figura 3. Variación de los SST (°Brix) durante el proceso de maduración en frutos de feijoa de los clones Quimba y 8-4 a temperatura ambiente (16,3 °C).

asociada con el sabor. Sin embargo, en el clon 8-4 esta variable tiene un mayor impacto, lo que tendría relación con la degradación más rápida de los frutos de este clon que de los del clon 41 (Quimba).

En feijoa, la pérdida de sabor de los frutos se asocia con la disminución de los SST (Klein y Thorp, 1987; Gallego, 2003). Sin embargo, a bajas temperaturas la pérdida de SST es baja; en guayaba almacenada por 12 d, los SST fueron más altos en el día 9, disminuyendo posteriormente (Siddiqui et al., 1991).

En guayaba sobremadura, los grados Brix disminuyeron (Mercado et al., 1998), lo mismo que en frutos de feijoa sobremaduros; así mismo, en estos frutos se observó un pardeamiento de la pulpa, que puede estar asociado con la degradación de azúcares ocasionada por las condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa en que se desarrolló este trabajo. Estos procesos de pardeamiento se han observado en jugos de cítricos (Lee y Nagy, 1988).

## pH

Esta variable tuvo la misma tendencia en el proceso de maduración de los frutos de ambos clones, con tendencia al aumento en la etapa final del almacenamiento (figura 4). En el análisis de componentes principales, en el clon 41 (Quimba) el pH explica en 79,44% el proceso de maduración del fruto, mientras que en el clon 8-4 lo explica en 87,71%. En el clon 8-4 se observa un aumento del pH entre los días 6 y 7, indicando que hubo degradación de ácidos y coincidiendo con la madurez de consumo. En

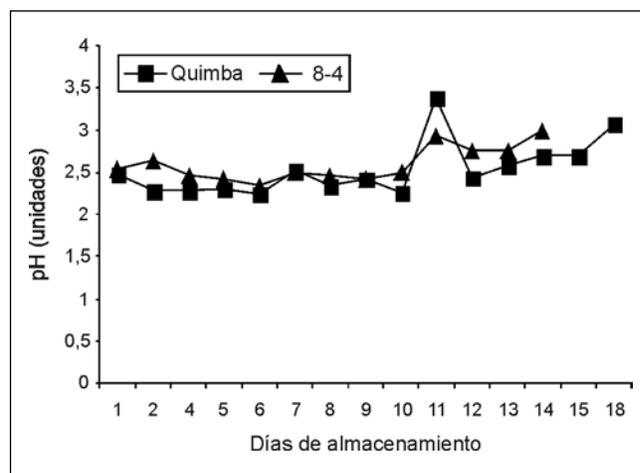


Figura 4. Variación del pH durante el proceso de maduración en frutos de feijoa de los clones Quimba y 8-4 a temperatura ambiente (16,3 °C).

el clon Quimba se observó un ascenso del pH entre el día 10 y 11, en coincidencia con el climaterio y la madurez de consumo. Entre los días 11 y 12 disminuyó el pH, indicando una nueva síntesis de ácidos orgánicos, para luego ascender hasta el final del almacenamiento; esta tendencia ascendente del pH se observa en otros clones de feijoa durante el almacenamiento, aunque el valor del pH es mayor (Gallego, 2003).

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, el clon Quimba conserva por mayor tiempo sus características organolépticas, con una mejor relación ácido-dulce, lo que concuerda con la calificación del sabor de los frutos de los dos clones: excelente para el clon Quimba y normal para el 8-4 (Ramírez, 1997).

El valor del pH es importante cuando la fruta tiene fines industriales porque está relacionado con los costos de transformación del producto. En guayaba se reporta que frutos con un nivel de pH alrededor de 3,4 y menores valores de acidez implican mayor economía en el proceso, porque hay que adicionar menos ácidos para la corrección del pH (Rezende et al., 1984); en guayaba, los valores de pH varían entre 2,89 y 6,20, dependiendo de la variedad (Pereira et al., 2000). En cuanto a la feijoa, el pH también puede fluctuar según la variedad, las condiciones agroecológicas en las que se desarrolle el fruto y las condiciones de almacenamiento.

## Acidez total titulable

La acidez total titulable disminuyó en los dos clones durante la maduración (figura 5). En el clon Quimba la

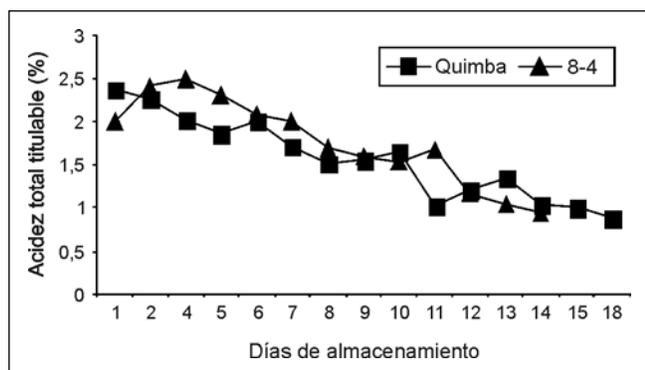


Figura 5. Variación de la ATT (% ácido cítrico) durante el proceso de maduración en frutos de feijoa de los clones Quimba y 8-4 a temperatura ambiente (16,3 °C).

acidez titulable de los frutos bajó de 2,37% a 0,87 % durante 16 d de almacenamiento, mientras que en el clon 8-4, disminuyó de 2,00% a 0,93% en 14 d de almacenamiento. En el clon 8-4 se observó un incremento de la acidez total hasta un día antes del climaterio, mientras que en el clon Quimba la acidez presentó un leve ascenso entre el día 10 y el día 11, coincidiendo con el climaterio; en ambos clones se observa un descenso de la acidez después del climaterio. Estos resultados son similares a los reportados en guayaba (Downs et al., 1988; Siddiqui et al., 1991; Mercado et al., 1998).

Según el análisis de correlaciones, en ambos clones la acidez titulable está inversamente correlacionada con los niveles de sacarosa, la pérdida de peso y la intensidad respiratoria, indicando que la acidez disminuye porque en la respiración se degradan ácidos orgánicos. Según el análisis de componentes principales con dos ejes, la acidez explica en un 65% la variación durante el proceso de maduración en el clon 8-4, mientras que en el clon Quimba explica un 45%. Con base en los resultados, se infiere que la pérdida de sabor es más rápida en los frutos del clon 8-4, lo que coincide con las observaciones de laboratorio.

Estos resultados concuerdan con el análisis de componentes principales realizado en frutos de feijoa por Gallego et al. (2003), en el que se determinó que la acidez titulable es una variable importante en los cambios durante la maduración del fruto. Por otra parte, durante el proceso de maduración, la pérdida de sabor está asociada con la disminución de la acidez titulable (Klein y Thorp, 1987).

Los valores de la acidez pueden variar según el clon de feijoa y las condiciones de almacenamiento (Gallego

et al., 2003): las feijoas a temperatura ambiente tienen una acidez de 3,0, expresada en porcentaje de ácido cítrico, mientras que en frutos almacenados a 12 y 7 °C, la acidez fue 2,05 y 2,06, respectivamente. En guayaba se reporta que la acidez puede variar de 0,33 a 0,99 en frutos maduros (Paull y Goo, 1983).

#### Relación de madurez (RM)

La relación de madurez, expresada como SST/porcentaje de acidez titulable, sirve para medir la calidad organoléptica de los frutos. La RM aumentó durante el período de maduración en ambos clones (figura 6): en el clon 41 (Quimba) aumentó de 4,0 a 11,6 en el día 18 y en el clon 8-4, de 4,5 a 11,6 en el día 14 de almacenamiento. En el clon 41 (Quimba) esta variable presentó un valor importante el día 11, lo que concuerda con el climaterio y la proximidad a la madurez organoléptica. En el clon 8-4 la RM presentó valores inferiores hasta el día 12 de almacenamiento a causa de la alta intensidad respiratoria de este clon. Así mismo, en ambos clones se observó disminución en la firmeza del mesocarpio hacia el final del almacenamiento, lo que indica un metabolismo activo de las paredes celulares (Wills et al., 1998).

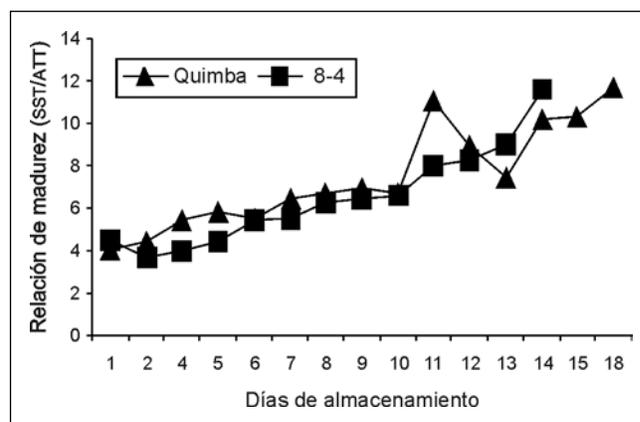


Figura 6. Relación de madurez durante el proceso de maduración en los frutos de feijoa de los clones 41 (Quimba) y 8-4 a temperatura ambiente (16,3 °C).

#### Azúcares

El proceso de maduración se asocia usualmente con el rompimiento de polímeros de carbohidratos, especialmente de sustancias pécticas y hemicelulosa, lo que cambia el sabor y la textura del fruto; por otra parte, el aumento de los azúcares lo hace más dulce y, por lo tanto, más aceptable (Wills et al., 1998). En los frutos de feijoa evaluados en este trabajo, los azúcares más

abundantes durante el proceso de maduración fueron la fructosa y la sacarosa y, en menor cantidad, la glucosa (figuras 7 y 8).

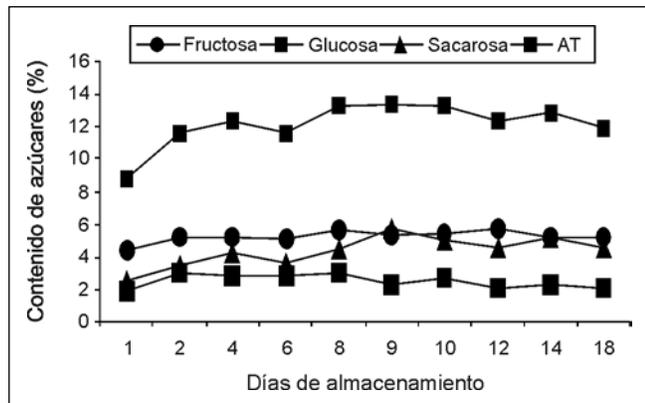


Figura 7. Contenido de azúcares: fructosa, glucosa, sacarosa y azúcares totales (AT), durante el proceso de maduración en frutos de feijoa del clon Quimba a temperatura ambiente (16,3 °C).

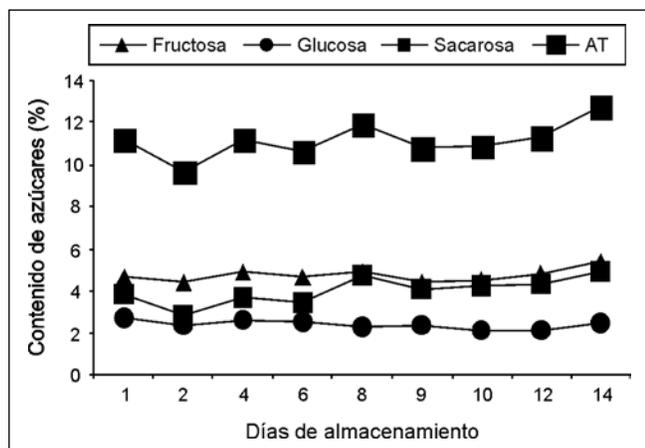


Figura 8. Contenido de azúcares: fructosa, glucosa, sacarosa y azúcares totales (AT) durante el proceso de maduración en frutos de feijoa del clon 8-4 a temperatura ambiente (16,3 °C).

Aunque no hubo diferencias significativas entre los dos clones, la fructosa fue mayor en el clon Quimba. Según el análisis de componentes principales realizado para el clon Quimba, la sacarosa y la glucosa fueron los azúcares de mayor impacto durante la maduración del fruto. La sacarosa explica la varianza en un 86,3%, le sigue en orden la glucosa con 77,6% y la fructosa con 69,5%. La sacarosa tendió a aumentar durante la maduración, aportando mayor grado de dulzura al fruto junto con la fructosa (figura 7). La glucosa tendió a disminuir por su demanda como sustrato para la respiración.

En el clon 8-4, el análisis de componentes principales mostró la fructosa como un azúcar de alto impacto en la maduración del fruto, explicando la varianza en un 83,1%; en general, el clon 8-4 presentó valores menores que el clon 41 (Quimba), lo que sugiere que la fructosa fue utilizada, junto con la glucosa y la sacarosa, como sustrato para la respiración a causa de la mayor tasa respiratoria de este clon (figura 8).

En la revisión realizada por Azam et al. (1981), la sacarosa es el azúcar que se encuentra en mayor cantidad en frutos de feijoa y puede variar desde 2,9% hasta 5,2%, contrario a lo hallado en este estudio, en el que la fructosa fue el azúcar presente en mayor cantidad, variando desde 3,7% hasta 5,4%. Lo anterior concuerda con lo reportado en guayaba, fruto en donde el azúcar más abundante es la fructosa (Rezende et al., 1984; Bulk et al., 1997), al igual que en tomate 'Cherry' (Picha, 1987). En duraznos, los frutos considerados de mejor calidad presentaron mayores contenidos de fructosa, mientras que en frutos considerados de menor calidad el azúcar más abundante fue la glucosa (Robertson et al., 1988).

En cuanto al análisis de correlaciones, en el clon Quimba la glucosa estuvo inversamente correlacionada a nivel significativo con los SST y la sacarosa, inversamente correlacionada con la AT y directamente con la pérdida de peso y la respiración. En el clon 8-4, la fructosa estuvo correlacionada directamente con la tasa respiratoria y la sacarosa, inversamente con la AT y directamente con la pérdida de peso y la tasa respiratoria. Como se observa en ambos clones, la sacarosa tiende a aumentar cuando la acidez titulable disminuye, lo que explica el sabor almidonado de los frutos sobremaduros.

## Conclusiones

- Los clones 41 (Quimba) y 8-4 tienen un comportamiento similar a nivel fisiológico para las variables estudiadas. Sin embargo, la vida útil en anaquel es mayor en el clon 41 (Quimba).
- Los frutos de feijoa de los clones 41 (Quimba) y 8-4 tienen un patrón respiratorio de tipo climatérico.
- El clon 8-4 debe comercializarse antes del día 5 y el clon 41 (Quimba), antes del día 7 para evitar pérdidas de peso superiores a 5%.
- En los clones 41 (Quimba) y 8-4, la fructosa fue el azúcar que se presentó en mayor cantidad.

- La pérdida de peso en ambos clones está directamente correlacionada con la intensidad respiratoria.
- La acidez total titulable disminuyó en ambos clones durante el proceso de maduración.
- Los sólidos solubles totales (grados Brix) presentaron tendencia al aumento en ambos clones durante el proceso de maduración.

## Agradecimientos

Los autores expresan sus agradecimientos a Camilo Quintero, por su apoyo a esta investigación a través del CENAF (Centro Nacional de la Feijoa). A Rafael Cruz, técnico del laboratorio de Fisiología de cultivos de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá y al profesor Gerhard Fischer por su asesoría. Este proyecto fue parcialmente financiado por la División de Investigación sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia (DIB).

## Literatura citada

Ahmed, A. y J. Labavitch. 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit. *Plant Physiol.* 65, 1009-1013.

Akamine, E.K. y T. Goo. 1979. Respiration and ethylene production in fruits of species and clones of *Psidium* and species of *Eugenia*. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104 (5), 632-635.

Azam, B., Lafitte, F., Obry, F. y J.L. Paulet. 1981. Le feijoa en Nouvelle-Zélande. *Fruits* 36, 361-384.

Bower, J.H., J.J. Jobling, B. D. Patterson y D.J. Ryan. 1998. A method for measuring the respiration rate and respiratory quotient of detached plant tissues. *Postharvest Biol. Technol.* 13, 263-270.

Brady, C.J. 1987. Fruit ripening. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 38, 155-178.

Bulk, R.E., El-F. Babiker y H. El Tinay Abdullahi. 1997. Changes in chemical composition of guava fruits during development and ripening. *Food Chem.* 59(3), 395-399.

Downs, C.G., A.E. Pickering; M.R.E., O'Donoghue y W. Martin. 1988. The relationship between fruit retention force at harvest and quality of feijoa after storage. *Ann. Appl. Biol.* 113, 197-204.

Gallego, S.P., C.E. Riaño y L. Orozco. 2003. Determinación del comportamiento químico y fisiológico de Feijoa sellowiana en almacenamiento. *Revista Cenicafe* 54(1), 50-62.

Galvis, J.A. 2003. Manejo de la cosecha y poscosecha de la feijoa. pp. 111-123. En: Fischer, G., D. Miranda, G. Cayón y M. Mazorra (eds.). *Cultivo, poscosecha y exportación de la feijoa (Acca sellowiana Berg)*. Produmedios, Bogotá.

Hair, J.F., R.E. Anderson, R.L. Tatham, y W.C. Black. 1998. *Multivariate data analysis*. Prentice Hall, New Jersey. 730 p.

Hoffman, A., J.C. Nachtigal, R.A. Kluge y A.B. Bilhalva. 1994. Influência da temperatura e do polietileno no armazenamento de frutos de goiabeira serrana (*Feijoa sellowiana Berg*). *Sci. Agric. (Piracicaba)* 51(3), 563-568.

Ielpo, M., A. Basile, R. Miranda, V. Moscatiello, C. Nappo, S. Sorbo, E. Laghi, M. Ricciardi, L. Ricciardi y M.L. Vuotto. 2000. Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia* 71, S101-S109.

Kader, A. 1992. Índices de madurez, factores de calidad, normalización e inspección de productos hortícolas. pp. 49-58. En: Yahia, E. y C.I. Higuera (eds.). *Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas*. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Limusa, México.

Klein, J.D. y T.G. Thorp. 1987. Feijoa: post-harvest handling and storage of fruit. *New Zealand Journal of Experimental Agriculture* 15, 217-221.

Kulp, K. 1975. Amylases. pp. 62-67. En: Reed, G. (ed). *Enzymes in food processing*. Academic Press, New York.

Lee, H.S. y S. Nagy. 1988. Relationship of sugar degradation to detrimental changes in citrus juice quality. Thermal degradation of sugars in citrus juices leads to flavor changes and nonenzymatic browning. *Food Technology* 42, 91-97.

Manrique, D. 2003. El olor de la feijoa. *UN Periódico, Universidad Nacional de Colombia Bogotá*, 44, 14.

Martin, M.A., K.W. Waldron, R.R. Selvendran, M.L. Parker y G.K. Moates. 1994. Ripening-related changes in the cell walls of Spanish pear (*Pyrus communis*). *Physiologia Plantarum* 91, 671-679.

Mercado, S., P.B. Bautista y M. García. 1998. Fruit development, harvest index and ripening changes of guavas produced in central Mexico. *Postharvest Biol. Technol.* 13, 143-150.

Pantástico, E.B. 1975. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. *AVI Publishing Company, Westport*. 558 p.

Paull, R.E. y T. Goo. 1983. Relationship of guava (*Psidium guajava L.*) fruit detachment force to the stage of fruit development and chemical composition. *HortScience* 18(1), 65-67.

Pereira, W.E., F.A. D'Araujo, D. Lopes, B. C. Horts, P.R. Cecon y R. Santos. 2000. Rendimento e algumas características físico-químicas dos frutos de seis variedades de goiabeira desenvolvidos em condições de déficit hídrico. *Revista Ceres* 47(272), 349-362.

Picha, D.H. 1987. Sugar and organic acid content of cherry tomato fruit at different ripening stages. *HortScience* 22, 94-96.

Ramírez, O.P. 1997. Contribución a la selección de dos clones de feijoa (*Acca sellowiana Berg*) mediante análisis sensorial y estudio en frío conservación. Trabajo de grado. Facultad de Ingeniería, Universidad de la Sabana, Bogotá.

Restrepo, P. 2004. Comunicación personal. Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Rezende R.V., L.O. Marteleto, A.C. Gomes, V.W. Dias y A. R. Conde. 1984. Productividade e qualidade dos frutos de dez variedades de goiaba, em visconde do Rio Branco, Minas Gerais, visando ao consumo ao natural e a industrialização. *Revista Ceres* 31 (177), 360-387.

Robertson, J.A., F.I. Meredith y R. Scorza. 1988. Characteristics of fruit from high and low-quality peach cultivars. *HortScience* 23(6), 1032-1034.

Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 2000. *Fisiología de las plantas*. Vol. 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Thompson Ed. Spain, Paraninfo, Madrid. pp. 529-562.

Seymour, G.B., J.E. Taylor y G.A. Tucker. 1993. *Biochemistry of fruit ripening*. Chapman & Hall, London. pp. 173-174.

- Siddiqui, S., R.K. Sharma y O.P. Gupta. 1991. Physiological and quality response of guava fruits to posture during storage. *Hort Science* 26(10), 1295-1297.
- Toivonen, P.M.A. 2003. Effects of storage conditions and postharvest procedures on oxidative stress in fruits and vegetables. En: Mark-Hodges, D. (ed.). *Postharvest oxidative stress in horticultural crops*. Food Products Press. pp. 69-90
- Valderrama, J.K., G. Fischer y M.S. Serrano. 2005. Fisiología poscosecha en frutos de dos cultivares de feijoa (*Acca sellowiana* O. Berg Burret) sometidos a un tratamiento cuarentenario de frío. *Agronomía Colombiana* 23(2), 276-282.
- Vuotto, M.L., A. Basile, V. Moscatiello, P. De Sole, R. Castaldo-Cobianchi, E. Laghi y M.T.L. Ielpo. 2000. Antimicrobial and antioxidant activities of Feijoa sellowiana fruit. *International J. of Antimicrobial Agents* 13, 197-201.
- Wills, R.B., T.H. Lee y D. Graham. 1998. *Postharvest. An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables*. CAB Publishing, Wallingford (UK).