

CALIDAD Y MADUREZ DE LA UCHUVA (*Physalis peruviana* L.) EN RELACIÓN CON LA COLORACIÓN DEL FRUTO

Quality and maturity of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) in relation to fruit coloring

Gerhard Fischer¹ y Orlando Martínez²

¹ Profesor Asociado, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá. gfisher@bacata.usc.unal.edu.co

² Profesor Titular, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.

RESUMEN

Las frutas de uchuva se clasificaron, después de la cosecha, en seis fases de coloración de la cáscara, así: 0 = verde, 1 = verde amarillo, 2 = amarillo naranja, 3 = naranja claro, 4 = naranja, 5 = naranja oscura y 6 = naranja roja, a los cuales se le determinaron sus propiedades físicas y bioquímicas. Para describir el comportamiento entre las fases de coloración y las variables analizadas se propusieron modelos estadísticos polinomiales hasta el grado sexto. Los resultados mostraron que, durante el desarrollo la coloración del fruto aumentó, proporcionalmente, su tamaño, peso fresco y la relación sólidos solubles totales/acidez total titulable (SST/ATT) hasta la fase 5, mientras la acidez titulable se redujo constantemente. Los coeficientes de determinación más altos se encontraron para las variables acidez total titulable ($R^2 = 0,95$) y relación SST/ATT ($R^2 = 0,98$), y los más bajos fueron para β -caroteno ($R^2 = 0,79$). Los sólidos solubles (principalmente, sacarosa) mostraron sus picos más altos en las fases 3 y 4 y el contenido del β -caroteno, en la fase 4, razón por la cual se supone que la madurez fisiológica se encuentra entre estos dos estados (3 y 4, naranja claro - naranja). En el estado de la sobremaduración, color naranja roja, se observó una reducción marcada en tamaño y peso del fruto. Por la relación estrecha entre coloración y el desarrollo de los ingredientes del fruto, se propone que el color de la cáscara es un indicador, de fácil uso en campo, para determinar calidad y madurez de la uchuva.

Palabras claves: Desarrollo del fruto, carotenoides, índice de madurez, ácido ascórbico, provitamina A.

SUMMARY

Cape gooseberry fruits were categorised in 6 stages of skin coloring after picking: 0 = green, 1 = yellow-green, 2 = yellow-orange, 3 = light-orange, 4 = orange, 5 = dark-orange, 6 = red-orange. Physical and biochemical fruit characteristics were analyzed. In order to describe the behavior among the phases of

coloration and the analyzed variables, a series of statistical polynomial models up to grade 6 were proposed. Results showed that coloring, size, weight and total soluble solids, and total titratable acidity ratio (TSS/TTA) increased linearly up to stage 5 with fruit development, whereas the content of titratable acids decreased constantly. High determination coefficients were found in the variables total titratable acidity ($R^2 = 0.95$) and the TSS/ATT ratio ($R^2 = 0.98$) and the lowest coefficient for β -carotene ($R^2 = 0.79$). The soluble solids content (principally sucrose) at stages 3 and 4 and that of β -carotene at stage 4 had their highest levels. Hence, we suggest that cape gooseberries attain their physiological maturity at colour stages 3 and 4 (light-orange to orange). At the over-ripened stage (6) a marked loss of size and weight were measured. Because of the close relation between skin color and fruit development we propose that skin color is an indicator for easy use in the field in order to determine quality and maturity of cape gooseberry.

Key words: Fruit development, carotenoids, ripeness index, ascorbic acid, provitamin A.

INTRODUCCION

La uchuva, originaria de las zonas andinas de Perú (Legge, 1974), se ha convertido en el segundo fruto de exportación en Colombia después del banano pues, produce frutos de alta calidad vitamínica por su buen contenido en β -caroteno y ácido ascórbico, razones que son importantes para estimular su cultivo en el altiplano cundiboyacense, zona de mayor área de producción en el país. Por su alto contenido en provitamina A, el cual está entre 1000 y 5000 U.I. (Rehm y Espig, 1991), la uchuva pertenece a la categoría de los frutos carotenogénicos, los cuales durante su maduración, se colorean gradualmente hacia amarillo, naranja o rojo. En la uchuva, cáscara y pulpa se colorean paralelamente (Fischer *et al.*, 1997), además el cambio del color del cáliz de verde a amarillo indica el comienzo de la maduración, lo cual coincide con el del fruto (Almanza y Espinoza, 1995). Schulz (1996) indica, claramente, que la sola medición física o visual de la coloración del fruto permite una

expresión limitada sobre su grado de madurez, pero, en conjunto, con otras características de calidad, ésta es una medida confiable del índice de madurez.

Con el fin de analizar el comportamiento de los elementos determinantes de la calidad de la uchuva y asociarlos con el desarrollo del color del fruto, se realizó esta investigación. De esta manera, el reconocimiento del estado de la maduración del fruto, con base de la asociación entre el color y las propiedades bioquímicas y físicas, permitirá usar la coloración como un método no destructivo para definir el índice de madurez en campo.

MATERIALES Y METODOS

En una finca que produce frutos de uchuva para exportación, situada en Ubaté-Cundinamarca (2.550 msnm, 15°C temperatura prom., 717 mm precipitación/año, 76% H.R. y 1637 h brillo solar/año), se clasificaron las uchuvas, directamente después de la cosecha en seis fases de maduración (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación del fruto de la uchuva según sus fases de maduración y coloración.

Fase de maduración	Color de cáscara del fruto	Número de color según RHS*
0	Verde	137 B-C
1	Verde amarillo	153 C-D
2	Amarillo naranja	20 A-B
3	Naranja claro	23 B
4	Naranja	24 B
5	Naranja oscura	25 B-C
6	Naranja roja	26 A-B

*The Royal Horticulture Society (1995)

En los laboratorios de la Federación Nacional de Cafeteros en Bogotá, se analizaron las características físicas y bioquímicas del fruto. El contenido de los sólidos solubles totales se midió con un refractómetro digital (Marca Atago PR1) y la acidez total titulable, según el método de titulación con NaOH. La concentración del β -caroteno se analizó con un equipo de HPLC (marca Waters Associate), según el método descrito por Fischer (1995) y la preparación de la muestra, se hizo de acuerdo con el procedimiento usado por Fisher y Rouseff (1986). Cada muestra constituyó de 30 g de masa de fruta fresca con cinco repeticiones.

Para determinar el grado de asociación entre las fases de maduración (colores) y las variables analizadas, se propuso una serie de modelos estadísticos polinomiales hasta el grado sexto. Los modelos seleccionados fueron aquéllos que tenían el mayor coeficiente de determinación, el menor cuadrado medio del error y, por supuesto, la significancia de cada término en el modelo.

RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 muestra los modelos que mejor describen la tendencia de las características físicas y bioquímicas del fruto

de las fases de maduración y coloración del mismo. Todos los términos del modelo correspondiente fueron significativos al 5% ó al 1% y los R^2 fueron superiores 0,79, indicando la buena capacidad predictiva y explicativa del modelo.

Tamaño y peso del fruto

Los crecimientos en ancho y longitud del fruto transcurren casi paralelo durante todas las fases de maduración (figura 1), mostrando igual coeficiente de determinación y los coeficientes del modelo muy similares entre si (cuadro 2), lo cual indica que no existe una diferencia significativa entre el crecimiento transversal y longitudinal del fruto. Durante las fases 2 a 5, el peso fresco del fruto se aumentó en mayor proporción que el tamaño del mismo (figura 2), mostrando que las uchuvas durante la maduración pueden aún acumular mayores cantidades de agua, mientras el incremento de los sólidos solubles, solamente, ocurrió hasta los estados 3 y 4 (color naranja claro hasta naranja) (figura 3). Según Coombe (1976), la acumulación de agua está estrechamente relacionada con la de la materia seca.

Por la capacidad que tiene la uchuva de acumular, durante las últimas fases de maduración, más agua y materia seca, hecho que, también, fue observado por Barbera et al. (1992) en la tuna (*Opuntia ficus-indica*), los aportes de agua natural (precipitación) y artificial (riego) pueden contribuir favorablemente, al crecimiento del fruto hasta cerca de la cosecha.

Contenido de los sólidos solubles totales

El contenido de los sólidos solubles totales, diluidos en el jugo del fruto, los cuales están constituidos por 80 a 95% de azúcares (Schulz, 1996), se aumentó uniformemente hasta el estado 3 y 4 (figura 3); en esta fase, los frutos cambiaron su color de naranja claro hasta naranja, lo cual coincide con los resultados obtenidos por Almanza y Espinosa (1995) en Tunja. Una curva similar de la acumulación de materia seca en la uchuva se observó, también, en el tomate (Dalal et al., 1965) y en la guanábana (Gallo, 1993). Debido a que la concentración de azúcares alcanza con la madurez del fruto, su punto de culminación (Winter et al., 1992), se pueden considerar en las fases 3 y 4 (color naranja claro - naranja), en las cuales se presentó, también el contenido más alto del β -caroteno (figura 4), como la madurez fisiológica. Una cosecha demasiado anticipada podría limitar el desarrollo normal de las propiedades bioquímicas del fruto.

El descenso de la concentración de los sólidos solubles totales a partir de la fase 4 de la maduración (figura 3) indica que una gran parte del azúcar se está utilizando en la respiración, sin embargo, al final del crecimiento del fruto ocurre, todavía, una translocación alta de sacarosa al fruto (Fischer y Lüdders, 1997). En frutos climatéricos, como el maracuyá amarillo, tiene lugar una reducción de los sólidos solubles al final del desarrollo del fruto, pero, solamente, en el momento en que se aumenta su respiración (Pocasangre et al., 1995).

Cuadro 2. Variables determinadas del fruto y modelos estadísticos polinomiales seleccionados.

Variable	Modelo	R ²
Ancho	$y = 18.78 - 0.31F + 0.86F^2 - 0.13F^3$	0.91
Longitud	$y = 17.59 - 0.29F + 0.74F^2 - 0.11F^3$	0.91
Peso Fresco	$y = 3.32 + 1.01F - 0.74F^2 + 0.298F^3 - 0.03F^4$	0.92
Sólidos Solubles Totales (SST)	$y = 9.11 + 4.18F - 0.57F^2$	0.87
Acidez Total Titulable (ATT)	$y = 39.23 - 1.47F - 0.39F^2$	0.95
Relación SST/ATT	$y = 3.93 + 2.23F - 0.95F^2 + 0.30F^3 - 0.028F^4$	0.98
β-Caroteno	$y = 25.36 + 5.36F^4 - 1.81F^5 + 0.16F^6$	0.79

F = Fase de maduración (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)

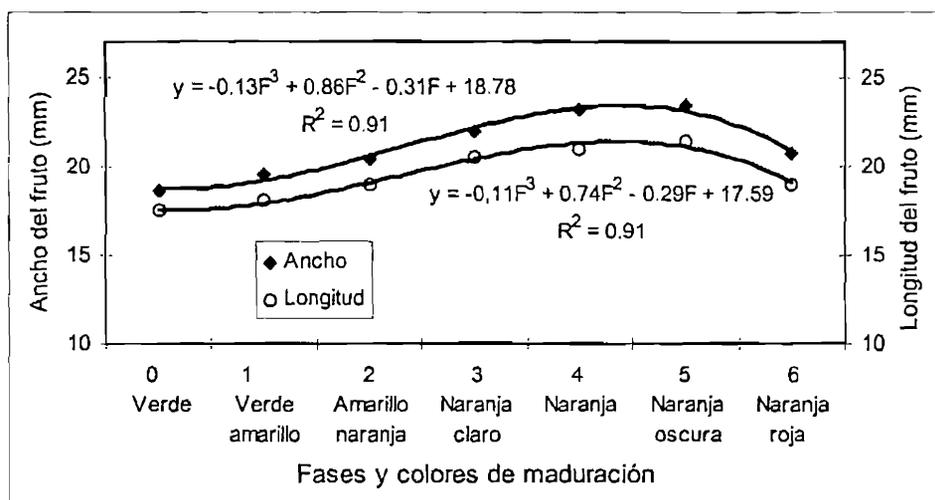


Figura 1. Tendencia y ecuación de regresión estimada para el ancho y longitud del fruto de la uchuva durante su maduración.

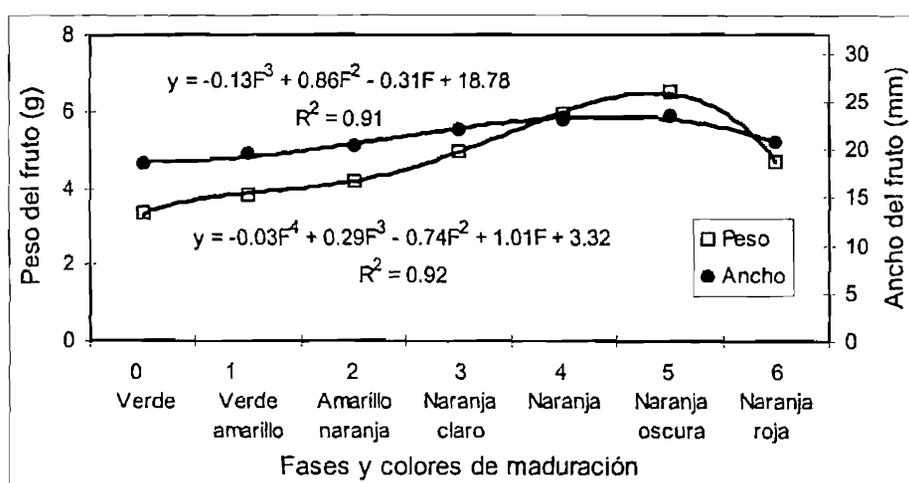


Figura 2. Tendencia y ecuación de regresión estimada para el peso fresco y el ancho del fruto de la uchuva durante su maduración.

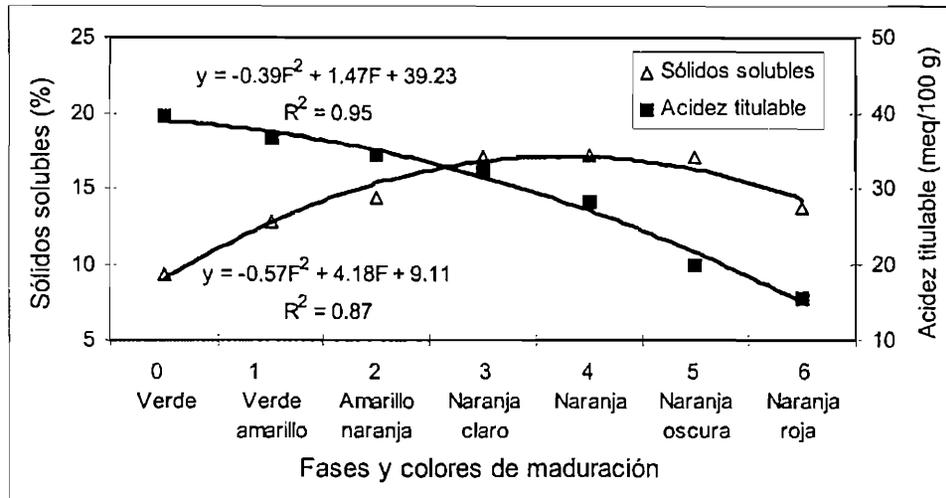


Figura 3. Tendencia y ecuación de regresión estimada para el contenido de los sólidos solubles totales y la acidez total titulable del fruto de la uchuva durante su maduración.

Contenido de la acidez total titulable

Con el aumento de la maduración se observó un descenso uniforme del contenido de la acidez total titulable (figura 3) relaciones similares se han reportado en la pitahaya (Gallo, 1993) y en la granada (Shulman et al., 1984). Un comportamiento contrario al anterior se ha encontrado en muchas frutas, como el tomate (Dalal et al., 1965), la guanábana (Gallo, 1993), en manzanas y uvas (Wolf, 1960), en los cuales se aumentó el contenido de la acidez titulable hasta un 75% del desarrollo del fruto y disminuyéndose después hasta la madurez. La disminución de los ácidos en el fruto, indica, generalmente, que se están utilizando, forzosamente, como sustrato de respiración (Seymour et al., 1993), debido a que los ácidos, en comparación con los carbohidratos, contienen, por cada átomo de C y de H, más átomos de O y así, la liberación de CO₂ es mayor que la toma de O₂ (Schulz, 1996). En razón a que las uchuvas alcanzan en 20 días después del cuajamiento, el máximo de la acumulación de almidón (Fischer y Lüdders, 1997), se puede concluir que, a partir de ese momento, se presenta una disminución del contenido de los ácidos, porque los valores picos de la acumulación de almidón y ácidos, según Schulz (1996), coinciden en los frutos. Además, en concordancia con el mismo autor, con el aumento del volumen del fruto se disminuye el contenido porcentual de la acidez, debido al efecto de la dilución.

En la uchuva, la mayor proporción de los ácidos la constituye el ácido cítrico, con un 85%. En un análisis de 100 g de fruto fresco, Fischer et al. (1999) encontraron 2,3 g de ácido cítrico, mientras el ácido málico fue de 0,25 g y el ácido tartárico, con 0,17 g, es decir que están en un nivel mucho menor.

Relación sólidos solubles totales/acidez total titulable

La relación sólidos solubles totales/acidez total titulable

(SST/ATT) (figura 4) se aumenta proporcionalmente y linealmente de acuerdo con el crecimiento del fruto, mostrando el mayor coeficiente de determinación ($R^2 = 0,98$) en asociación con las fases de maduración. Una relación lineal similar la reportó Gallo (1993) en maracuyá y piña, frutos en los cuales la relación azúcar/acidez sirve como índice de madurez para la industria de procesamiento.

Contenido del β -Caroteno

El contenido del β -caroteno en el fruto se incrementa, casi lineal, hasta la fase del color naranja (4), en la cual alcanza 235 $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de peso fresco, para descender después y aumentar otra vez en el estado de sobremaduración (figura 4). Este comportamiento conllevó a la correlación más baja del contenido de esta provitamina ($R^2 = 0,79$) dentro de las variables investigadas, con las fases de coloración del fruto. También, Schulz (1996) reporta que, durante el periodo de mayor expansión del fruto (estado 5, gráfica 1) y, según el mismo autor, en la manzana, ocurre una reducción rápida de la concentración de los carotenoides y, después, aumenta el contenido de los carotenoides durante el aumento del volumen del fruto.

Otra posible explicación para el comportamiento del β -caroteno en la uchuva, según Gross (1987), podría ser que en frutos carotenógenos (como, por ejemplo, uchuva, tomate y cítricos) los cloroplastos verdes se transforman en cromoplastos, en los cuales ocurre, también, un cambio en la composición de los carotenoides. Sin embargo, en la uchuva, todavía, no está investigado, si se forman o no nuevos pigmentos en el momento del cambio del color; los autores suponen que, en este fruto, se aumenta, principalmente, el β -caroteno durante la fase de maduración, lo cual coincide con el comportamiento en el mango (John et al., 1970) debido a que, el β -caroteno tiene la mayor proporción de las provitaminas A encontrada en la uchuva (Fischer et al., 1999), como en el caso del mango.

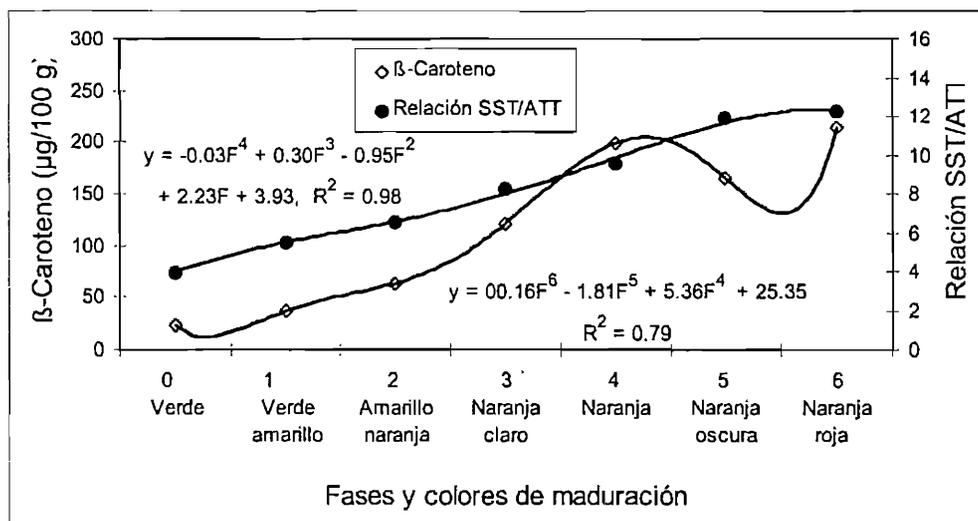


Figura 4. Tendencia y ecuación de regresión estimada para el contenido del β-Caroteno y la relación SST/ATT del fruto de la uchuva durante su maduración.

El incremento de nuevo de la concentración del β-caroteno en la fase 6, también, puede ser originado por un efecto de concentración, debido a que el fruto disminuye su tamaño en este estado (figura 1). En general, un aumento del β-caroteno durante la maduración se presenta, también, en el tomate, mientras otra vitamina, el ácido ascórbico, se disminuye durante esta fase del desarrollo en este fruto (Matthews et al., 1974).

Por la relación estrecha entre coloración y el desarrollo de los ingredientes del fruto, se puede afirmar que el color de la cáscara es un indicador de fácil uso en campo para determinar calidad y madurez de la uchuva.

LITERATURA CITADA

- ALMANZA, P. y C. J. ESPINOSA.. Desarrollo morfológico y análisis físico químico de frutos de uchuva *Physalis peruviana* L. para identificar el momento óptimo de cosecha. Tesis de Postgrado, Facultad de Agronomía, UPTC Tunja. 1995.
- BARBERA, G., F. CARIMI, P. INGLESE y M. PANNO. Physical, morphological and chemical changes during fruit development and ripening in three cultivars of prickly pear, *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller. J. Hort. Sci. 67, 307-312. 1992.
- COOMBE, B. G. The development of fleshy fruits. Ann. Rev. Plant Physiol. 27, 227-258. 1976.
- DALAL, K. B., D. K. SALUNKE, A. A. BOE, L. E. OLSON. Certain physiological and biochemical changes in the developing tomato fruit (*Lycopersicon esculentum* Mill.). J. Food Sci. 30, 504-508. 1965.
- FISCHER, G. Effect of root zone temperature and tropical altitude on growth, development and fruit quality of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) Tesis de Doctorado, Universidad Humboldt, Berlín. 1995.
- FISCHER, G., EBERT, G. y P. LÜDDERS. Provitamin A

carotenoids, organic acids and ascorbic acid content of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) grown at two tropical altitudes. Acta Hort. (en imprenta). 1999.

FISCHER, G. y P. LÜDDERS. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. Agronomía Colombiana 14(2), 95-107. 1997.

FISCHER, G, P. LÜDDERS y F. GALLO. Quality changes of the cape gooseberry fruit during its ripening. Erwerbsobstbau (Alemania) 39(5), 153-156. 1997.