

Caracterización fisicoquímica del fruto de cuque (*Solanum vestissimum* Dunal) durante la maduración

Physico-chemical characterization of the cuque fruit (*Solanum vestissimum* Dunal) during its maturation and ripening



MAGDA CAROLINA FONSECA H.^{1, 2}

JAIME ADRIÁN RODRÍGUEZ A.¹

ANÍBAL O. HERRERA A.¹

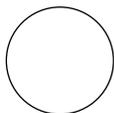
GERHARD FISCHER¹

Abundante fructificación en una planta de cuque, vereda El Carmen, Duitama (Boyacá).

Foto: J.A. Rodríguez A.

RESUMEN

La *Solanum vestissimum* Dunal es una especie silvestre que pertenece a la familia de las Solanáceas, que crece en bosques andinos de Colombia y Venezuela, en altitudes de más de 1.500 msnm y es conocida como cuque en las veredas aledañas al municipio de Duitama en el departamento de Boyacá, Colombia. Teniendo en cuenta la poca información que existe sobre las propiedades fisicoquímicas del fruto, se llevó a cabo la caracterización del fruto en tres estados de madurez (verde [$>90\%$ color verde], pintón [50% verde, 50% anaranjado] y maduro [$>90\%$ anaranjado]). Se recolectaron frutos aleatoriamente en la zona y se determinaron sus características físicas (tamaño, forma, peso, volumen y número de semillas, proporción de las partes del fruto) y químicas (pH, sólidos solubles totales [SST], acidez total titulable [ATT], ácido ascórbico, y la relación de madurez [RM = SST/ATT]). Durante la maduración, el fruto aumentó su tamaño, volumen y peso. Las proporciones de las semillas y de la cáscara disminuyeron, mientras la pulpa aumentó en un 179,7% del estado verde a maduro. Durante la maduración, la ATT disminuyó de 2,36% a 1,24%, mientras los SST y la RM aumentaron de 5,30 a 9,63 °Brix y 2,27 a 7,78, respectivamente. El ácido ascórbico con 28,06 mg/100 g en el cuque maduro es comparable con el del lulo y la uchuva. Con estas características el fruto del cuque se proyecta como un fruto con perspectivas para la agroindustrialización.



Palabras clave adicionales: densidad, acidez titulable, sólidos solubles, ácido ascórbico.

¹ Facultad de Agronomía, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá (Colombia).

² Autor para correspondencia. macafohi@hotmail.com

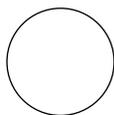
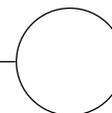
ABSTRACT

Solanum vestissimum Dunal is a wild species of Solanaceae family, which grows in Andean forests of Colombia and Venezuela at elevations of more than 1,500 m a.s.l. and is known as “cuque” in the zone around Duitama municipality in the department of Boyacá, Colombia. Due to the scarce information about the physico-chemical characteristics of the fruit a characterization in three stages of maturity (green [$>90\%$ green color], breaker [50% green, 50% orange] and ripe [$>90\%$ orange]) was carried out. Randomly taken fruits in the zone were analyzed after its physical (size, shape, weight, volume, seed number, proportion of fruit parts) and chemical characteristics (pH, total soluble solids [TSS], total titratable acidity [TTA], ascorbic acid and the maturity relation [MR = TSS/TTA]). During maturation and ripening, the fruit increased its size, volume and weight. The proportions of the seeds and peel decreased while the pulp increased in 179.7% from the green to the ripe stage. Up to the ripe fruit, TTA decreased from 2.36% to 1.24%, whereas the TSS and MR increased from 5.30 to 9.63 °Brix and 2.27 to 7.78, respectively. The ascorbic acid of 28.06 mg/100 g in the ripe cuque is comparable with the content in lulo and the cape gooseberry fruit. With the measured characteristics the cuque fruit is projected as a fruit with perspectives in the agroindustrialization.

Additional key words: size, density, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid.

Fecha de recepción: 21-12-2011

Aprobado para publicación: 29-05-2012



INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diversas frutas exóticas que tienen su origen en la Cordillera de Los Andes en Sudamérica. Estas especies frutícolas andinas se encuentran en diversos grados de desarrollo, pero con un potencial importante en los países de su área (Lobo, 2006). Por su alto potencial de industrialización, así como su rápida producción y productividad los han convertido en cultivos atractivos para generar ingresos entre pequeños productores dependientes de cultivos tradicionales en la región, ofreciendo ingresos a lo largo del año (Gallozzi y Duarte, 2007).

El cuque (*Solanum vestissimum* Dunal), como es conocido en el municipio de Duitama, lo cita Heiser (1985) como lulo de tierra fría, Whalen *et al.* (1981) como toronja o tumo, Suárez y Duque (1991) como lulo. Es una especie silvestre que pertenece a la sección *Lasiocarpa* de la familia de las Solanáceas (Heiser, 1972) y pertenece a la misma familia de otros frutales andinos promisorios como el lulo (*Solanum quitoense* Lam.),

pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) y tomate de árbol (*Solanum betaceum* Cav.). El cuque crece en bosques andinos de Colombia y Venezuela (Whalen *et al.*, 1981), en altitudes de más de 1.500 msnm. En Colombia, se encuentra distribuido en la cordillera oriental entre Boyacá y Norte de Santander, en la cordillera central en Antioquia y en la Sierra Nevada de Santa Marta (Whalen *et al.*, 1981).

La especie se encuentra estrechamente relacionada con el lulo. Según los diferentes estudios realizados en cuanto a marcadores morfológicos, bioquímicos, citogenéticos y moleculares en las diferentes especies de la sección *Lasiocarpa*, se concluye una alta relación de similitud entre las diferentes accesiones de *Solanum quitoense* y *S. vestissimum* y se señala que esta última presenta un alto potencial en la búsqueda de características deseables, no presentes en el lulo, para su futura transferencia a la entidad biológica y su continuo proceso de domesti-

cación (Whalen *et al.*, 1981; Fory, 2005; Lobo *et al.*, 2007).

La planta, es un arbusto que puede alcanzar entre 3 y 5 m de altura, presenta raíz pivotante y tallo herbáceo con espinas; sus hojas son alternas de color verde oscuro con estipulas en ambas caras, bordes irregulares y dentados; las flores presentan un ovario multilocular, pentámeras perfectas, y autocompatibles, fuertemente andromonoicas. El fruto es una baya carnosa urticante con gran cantidad de tricomas cortos y rígidos y gran cantidad de semillas (Whalen *et al.*, 1981; Parra, 2006).

El fruto de cuque se destaca por ser grande y tener un exquisito aroma, es difícil de manipular debido a que está cubierto por una capa densa y firme de tricomas. En la madurez organoléptica el fruto presenta una apariencia hinchada y semillas anaranjadas brillantes, lo que hace que en esta etapa las frutas sean atractivas a los frugívoros y a los agentes potenciales de dispersión (Whalen *et al.*, 1981). En la zona de estudio en Duitama es utilizado en la preparación de jugos y sorbetes; además la población le atribuye propiedades reconstituyentes, refrescantes y diuréticas.

En el proceso de maduración que ocurre como parte del crecimiento y desarrollo del fruto, en una secuencia de hechos naturales (Gallo, 1996), predominan las reacciones de la hidrólisis por la cual se desdoblan los carbohidratos sintetizados en el estado verde del fruto, en especial el almidón y las pectinas en moléculas más pequeñas como azúcares y ácidos pécticos, respectivamente; estos procesos se reflejan en cambios del sabor, consistencia, color y aroma (Parra y Hernández, 2005).

Debido a la poca investigación que existe sobre *S. vestissimum*, el objetivo de este estudio fue estudiar las principales características, tanto morfológicas, como fisicoquímicas del fruto silvestre, durante su estado de maduración, con el

fin no solo de ampliar la información existente a cerca de este, sino también de crear una expectativa en su investigación para producirlo, comercializarlo e incluso agroindustrializarlo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección de los frutos fue realizada en la vereda El Carmen del municipio de Duitama (Boyacá) a 5°56' N y 73°07' W, con una altitud entre 3.022 y 3.183 msnm, que presenta en promedio del año una temperatura de 11 a 12°C y una precipitación pluvial entre 600 y 800 mm. La topografía de los suelos es fuertemente quebrada, con material parental de origen volcánico.

Se recolectaron al azar muestras de frutos en tres estados de madurez de una población silvestre de cuque de unas 10 plantas. Los estados de madurez se caracterizaron por el color que presentaban: verde (>90% color verde), pintón (50% color verde, 50% color anaranjado) y maduro (>90% color anaranjado).

Las muestras se trasladaron (en cubetas de huevos y cajas de icopor) al Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, donde se llevaron a cabo las diferentes pruebas fisicoquímicas del fruto. La metodología utilizada en el trabajo se realizó con base en Herrera (2011), empleando en las diferentes mediciones físicas y químicas 10 frutos por cada estado de madurez.

El tamaño se determinó con un calibrador pie de rey y el peso fresco mediante una balanza electrónica marca Precisa XB 2200C (precisión de 0,01 g). La configuración espacial (forma) de los frutos se describió según los términos de una figura geométrica similar.

Para la determinación del volumen del fruto se midió la cantidad de agua desplazado por cada fruto empleando un vaso de precipitado de 500

mL. Se halló el valor del volumen teórico utilizando la fórmula para calcular el volumen de elipsoides: $\frac{3}{4} * r1 * r2 * r3$, siendo los radios del ancho, largo y espesor respectivamente.

La densidad, al depender del contenido de materia seca, el agua y aire dentro del fruto, se halló en función de la siguiente ecuación:

$$\text{Densidad} = \text{Peso fresco} / \text{Volumen de fruto} \quad (1)$$

Para el color se emplearon las cartas de color de la Royal Horticultural Society y se determinó el color de la epidermis y de la pulpa de un fruto maduro.

Para la determinación de la materia seca, los frutos fueron cortados en trozos y secados en una estufa a temperatura de 70°C durante 24 h y a partir de este momento se enfriaron y pesaron cada 6 h hasta que el peso fue constante.

Con el fin de determinar la proporción de cáscara, semillas y pulpa se separaron las tres partes mencionadas y se pesaron en una balanza electrónica, y en cuanto a las semillas, se realizó un conteo de estas por fruto.

El pH del jugo del fruto se midió mediante un potenciómetro marca Beckman modelo PHI 31. La acidez total titulable (ATT) se midió mediante titulación, expresando la ATT como porcentaje de ácido cítrico. Se utilizó una mezcla de agua destilada y 3 g de jugo para los frutos verdes y 5 g para los frutos pintones y maduros. Se realizó la titulación con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N y la valoración se basó en el cambio de color utilizando fenolftaleína como indicador hallando el porcentaje de acidez con la siguiente fórmula:

$$\text{ATT (\%)} = (V \times N \times E) / (10 \times W) \quad (2)$$

Donde V = mL de NaOH; N = normalidad de NaOH (eq/L); E = constante del ácido (ácido cítrico = 64 g) y W = Peso de la muestra (g).

La concentración de los sólidos solubles totales (SST) de los frutos se halló por lectura directa con un refractómetro marca Carl Zeiss Jena 736074 y se expresó en grados Brix. La relación de madurez (RM), como referente de cada estado de desarrollo de los frutos, se definió mediante la siguiente fórmula:

$$\text{RM} = \text{SST} / \text{ATT} \quad (3)$$

El contenido de ácido ascórbico (vitamina C) se determinó en frutos pintones y maduros en el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi, Bogotá) empleando la metodología de cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) usando el cromatógrafo marca Agilent Technologies 4890D (Santa Clara, CA) con detector de onda variable (VW) 190–600 nm y columna Aminex HPX-87H. Se llevaron dos muestras representativas de jugo, de frutos pintones y maduros, de cada una se tomaron tres submuestras y con cada una se realizaron dos repeticiones.

El diseño experimental fue completamente al azar. Con los datos obtenidos en las diferentes determinaciones se realizaron análisis de varianza y comparaciones de medias mediante la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Los datos se procesaron en el Sistema XLSTAT, programa estadístico autónomo producto de Addinsoft, 1993, cuyo funcionamiento se basa en Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físicas del fruto

Kays (2004) menciona que el tamaño del fruto está determinado por una de las tres medidas generales: (1) la dimensión (longitud, ancho y diámetro), (2) peso o (3) volumen. A medida que el fruto de cuque maduró presentó aumento en estas variables que fueron estadísticamente similares entre los estados verde y pintón, pero significativamente ($P \leq 0,05$) más altas en el esta-

do maduro (tabla 1). Solamente el volumen, que es un resultado del largo, ancho y espesor del fruto, es decir de la expansión celular (Mazorra *et al.*, 2006) se incrementó significativamente entre cada estado de maduración. Estos resultados muestran que el fruto tiene un crecimiento importante entre el estado pintón y maduro debido al aumento de su volumen y peso fresco, además indica que es capaz de acumular cantidades considerables de fotoasimilados y de agua hasta la última fase de su maduración como lo encontraron Fischer y Martínez (1999) en uchuva (*Physalis peruviana* L.) y Barbera *et al.* (1992) en la tuna (*Opuntia ficus-indica* Mill.).

Entre los factores determinantes para el desarrollo y el tamaño final del fruto Agustí (2004) menciona los genéticos, la temperatura del sitio, el tipo de inflorescencia en la que se encuentra el fruto, el número de flores producidas por planta y el número de frutos en desarrollo; mientras que las técnicas con las cuales el productor puede influir directamente en su tamaño final son el riego, la fertilización, la poda y el raleo de los frutos. Se debe tener en cuenta que en la vereda El Carmen no hay un manejo tecnificado de estas plantas. En algunos casos, los productores en esta vereda sembraron las semillas de los frutos más grandes con el fin de conseguir plantas y frutos de mayor tamaño.

Debido a que los frutos maduros mostraron un peso, un poco menor de 100 g, pueden ser clasificados como medianamente livianos, según la

clasificación de los frutos tropicales por Pantastico (1975).

Forma del fruto

Debido a que los frutos en los tres estados de madurez crecieron más longitudinalmente que transversalmente (tabla 1) se determinó que presentaron forma elipsoide, sin embargo, en algunos casos y por observación directa en campo, en estado maduro tuvieron una leve tendencia a ser de forma esférica. La forma del fruto es un factor importante para diferenciar entre las especies y variedades y puede alterar la aceptabilidad, el mercado potencial y el uso final del fruto (Kays, 2004).

En general, el coeficiente de variación fue muy bajo, relacionado con el tamaño y la forma del fruto (tabla 1), es decir existe homogeneidad en las variables físicas del cuque que es una de las condiciones para la estandarización del empaque, lo que facilita el almacenamiento y la comercialización (Wills *et al.*, 2007).

Color

Es la característica más evidente en muchos frutos durante su maduración, y por esta razón, se utiliza como criterio para definir su madurez (Reid, 2002). Como describe Sozzi (2007), los cambios de color están asociados a la maduración, siendo este un atributo clave, junto con la textura, para determinar la calidad organoléptica.

Tabla 1. Características físicas del fruto de cuque en tres estados de madurez.

Estado	Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	Volumen (mL)	Peso fresco (g)
Verde	5,60 b	5,08 b	4,69 b	57,50 c	63,55 a
Pintón	5,78 b	5,19 b	4,87 b	73,50 b	76,46 a
Maduro	6,19 a	5,56 a	5,25 a	97,50 a	97,66 b
Aumento (%)	9,5	8,6	10,7	41,0	34,9
CV (%)	0,44	0,33	0,32	21,58	18,39

CV, coeficiente de variación.

Los promedios con letras distintas, en la misma columna, indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

tica, lo que se convierte, en muchos casos, en el índice de madurez más adecuado para realizar la cosecha. Los cambios de color se deben a la degradación de clorofila, la cual enmascara otros pigmentos, particularmente el β -caroteno (Sozzi, 2007). Como en la mayoría de los frutos, a excepción de los aguacates, las feijoas, la guanábana, la guayaba manzana y la manzana 'Granny Smith', entre otros, la pérdida del color verde es consecuencia de la degradación de la estructura de la clorofila que es originada por uno o varios procesos secuenciales, dentro de estos los más relevantes son el cambio del pH, los procesos oxidativos y la acción de las clorofilasas (Wills *et al.*, 2007).

Los frutos del cuque, antes de madurar se caracterizan por el color verde y en la transición a frutos maduros el color va tornándose amarillo-naranja. De acuerdo a la clasificación de las cartas de color de la Royal Horticultural Society, el color primario del fruto maduro de cuque se encuentra en el grupo "amarillo naranja", puesto que tanto en la parte exterior como inmediatamente por debajo de la cáscara presenta un color 23A, mientras que en la pulpa coge una tonalidad un poco más oscura, perteneciendo al grupo 23B de estas cartas.

Proporciones de cáscara, semillas y pulpa

Mientras se presentó solamente la tendencia ($P > 0,05$) a disminuir el peso fresco de las semillas y de la cáscara del fruto, la parte de la pulpa aumentó ($P \leq 0,05$) desde el estado verde a pintón

y maduro marcadamente, en un 179,7% (tabla 2). En relación con el peso fresco del fruto, el de las semillas y de la cáscara representaron 15,5% y 46,8% en los frutos verdes, esta proporción se disminuyó a la mitad, con solo 8,0% y 23,4% en los frutos maduros, respectivamente. El aumento de la proporción de la pulpa confirma la estructura del fruto de cuque como una baya, en la cual el pericarpio es carnoso cuando madura (Gil, 2006; Fischer *et al.*, 2012), lo que significa tener rendimientos más altos de pulpa para la agroindustria en los estados avanzados de madurez. Según el tamaño del fruto, el número de semillas varía entre 400 y 500, una cantidad que se asemeja a otras solanáceas como el lulo (400-800; Angulo, 2006) y es mayor al reportado en uchuva (150-300; Fischer *et al.*, 2011).

Inverso a las semillas y la cáscara, el peso de la pulpa aumentó del estado verde hacia maduro notablemente y en forma significativa ($P \leq 0,05$), siendo 68,6% del peso total para los frutos maduros. Aparte del aporte de los carbohidratos en el llenado del fruto, Fischer y Lüdders (1997) encontraron un aumento de la traslocación de la sacarosa hacia el fruto maduro en la uchuva, la proporción del agua aumenta todavía más, a tal punto que finalmente determina en mayor grado su tamaño final (Agustí, 2004).

Comportamiento del pH

El pH no presentó diferencias significativas entre los tres estados de madurez, con un valor de 3,61 en estado maduro (tabla 3), fue un

Tabla 2. Pesos frescos de semillas, cáscara y pulpa del fruto de cuque en tres estados de madurez.

Estado	Fruto total (g)	Semillas (g)	Cáscara (g)	Pulpa (g)
Verde	63,55 a	9,83 a	29,74 a	23,97 b
Pintón	76,46 a	7,26 a	21,53 a	47,67 a
Maduro	97,66 b	7,77 a	22,86 a	67,04 a
Aumento (%)	53,7	-21,0	-23,1	179,7
CV (%)	18,39	1,24	6,13	26,11

CV, coeficiente de variación.

Los promedios con letras distintas, en la misma columna, indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

poco mayor que el valor encontrado en el lulo con 3,46 por Reina *et al.* (1998). Así, el cuque puede ser clasificado como un fruto altamente ácido, una propiedad importante para la agroindustrialización puesto que el grado de acidez inhibe el crecimiento microbiano y disminuye la resistencia de los microorganismos al calor, que son características deseables para la conservación de alimentos (Matas, 2008). Más del 90% del volumen celular en los frutos lo ocupa la vacuola, la cual usualmente es muy ácida, con un pH menor que 5 (Nanos y Kader, 1993), lo que coincide con los resultados encontrados en este estudio.

Acidez total titulable (ATT)

En la tabla 3 se aprecia un contenido descendente de la ATT conforme al aumento del estado de maduración con una diferencia significativa entre los frutos verdes y maduros ($P \leq 0,05$), lo que coincide con la mayoría de las especies frutales (Hobson, 1996) e indica una alta tasa metabólica en esta fase del desarrollo del fruto (Osterloh *et al.*, 1996). Esta disminución ocurre debido a la actividad de las deshidrogenasas y a que los ácidos orgánicos son utilizados como sustratos de la respiración para la síntesis de nuevos componentes durante la maduración de los frutos (Kays, 2004). En las diferentes especies frutales los ácidos orgánicos contribuyen en gran parte al sabor, en una relación típica entre azúcares y ácidos (Wills *et al.*, 2007). Comparado con el 3,81% de ATT en el lulo (Reina *et al.*, 1998), el cuque es

un fruto menos ácido que esta especie del mismo género.

Sólidos solubles totales (SST)

Los SST están constituidos por 80% a 95% de azúcares y su valor se encuentra asociado con los azúcares disueltos en el jugo celular (Osterloh *et al.*, 1996), en menor grado contienen también ácidos orgánicos, proteínas, grasas y varios minerales (Campana, 2007).

En el fruto de cuque los SST aumentaron significativamente ($P \leq 0,05$) del estado verde al pintón y se mantuvieron en el mismo nivel hasta que estos maduraron (figura 1). Campana (2007) afirma que los grados Brix aumentan hasta que el almidón se hidroliza completamente y luego decrecen por efecto de respiración. Los azúcares entran al fruto vía traslocación de la sacarosa proveniente de las hojas y pueden aumentarse, también, por la conversión de ácidos orgánicos a azúcares mediante gluconeogénesis (Kays, 2004).

El valor encontrado en frutos maduros de 9,63 °Brix supera a lo reportado por Reina *et al.* (1998) en el fruto del lulo con 7,60 °Brix. No obstante que los azúcares son transportados al fruto por la savia y aportados por el desdoblamiento de las reservas de almidón de los mismos frutos (Wills *et al.*, 2007), se supone que en esta última fase de maduración (entre estado pintón y maduro) los ácidos orgánicos son la mayor fuente respiratoria

Tabla 3. Valores de pH, acidez total titulable (ATT), sólidos solubles totales (SST) y relación de madurez (RM = SST/ATT) del fruto de cuque en tres estados de madurez.

Estado	pH	ATT (%)	SST (°Brix)	RM
Verde	3,89 a	2,36 a	5,30 b	2,27 b
Pintón	3,54 a	1,57 ab	9,60 a	6,18 a
Maduro	3,61 a	1,24 b	9,63 a	7,78 a
CV (%)	0,23	0,61	2,36	1,48

CV, coeficiente de variación.

Los promedios con letras distintas, en la misma columna, indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$).

del fruto, debido a la marcada disminución de la ATT.

Los análisis químicos del fruto del cuque concuerdan con los parámetros de la Norma Técnica Colombiana 285 (Icontec, 1997) que plantea para frutos industrializables un contenido de SST entre 5 y 30%, un pH entre 2,8 y 3,8 y acidez total titulable entre 0,2 y 1,6, proyectándose como un fruto con perspectivas de agroindustrialización.

Relación de madurez (RM)

La RM mide la calidad organoléptica de los frutos (Álvarez-Herrera *et al.*, 2009) y es la mejor expresión de la calidad gustativa del fruto, en lugar de cada parámetro por separado (Campagna, 2007). En el fruto de cuque los valores de la RM se asemejaron a los de los grados Brix debido a la baja concentración de la ATT (figura 1); es decir, presentaron una tendencia a aumentar conforme el fruto madura. Kays (2004) supone que en el grupo de los frutos climatéricos, al cual pertenece el cuque, igual como su familiar el lulo, el aumento de la RM ocurre cuando alcanzan la máxima tasa respiratoria por lo cual se desdoblán rápidamente sus reservas (ácidos orgánicos) como respuesta al incremento de su metabolismo y en consecuencia la RM aumenta. Sin embargo, en este contexto, hay que tener 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 que prefiere una relación agridulce agradable para el paladar (Osterloh *et al.*, 1996).

Ácido ascórbico

El ácido ascórbico (vitamina C) es un constituyente de baja concentración en el fruto, pero es de suma importancia para la nutrición humana y la prevención de enfermedades por sus propiedades antioxidantes (Wills *et al.*, 2007). Kader (2002) afirma que la vitamina C, contenida en

frutas y verduras, contribuye en un 91% a la dieta humana. La concentración del ácido ascórbico en el cuque aumentó de 18,32 mg/100 g (de peso fresco) en los frutos pintones a 28,06 mg/100 g en los frutos maduros. Este incremento del ácido ascórbico lo describen Parra y Hernández (2005) como una parte importante del proceso de la maduración del fruto.

Teniendo en cuenta que el requerimiento diario para vitamina C es de 50 mg por persona (Wills *et al.*, 2007) el cuque puede proveer esta cantidad, comiendo solamente dos frutos por día. El nivel de ácido ascórbico encontrado es muy similar al de otras frutas solanáceas, por ejemplo en lulo, con 30,08 mg/100 g (Franco *et al.*, 2002) o en uchuva, con 30,9 mg/100 g (Fischer, 1995), pero más alto que por ejemplo en manzana con 12 (3-25) mg/100 g, o en mandarina con 24,9 (7,6-39,1) mg/100 g (Herrmann, 2001).

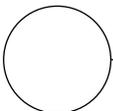
CONCLUSIONES

El cuque se puede considerar un fruto medianamente liviano, de acuerdo con los parámetros que se encuentran en la literatura, con un peso un poco menor que el del lulo, pero que aumenta su volumen constantemente durante las fases de maduración.

La proporción de la pulpa aumenta a medida que avanza la maduración del fruto, mientras la proporción de las semillas y de la cáscara disminuyen.

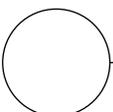
Los grados Brix, la acidez total titulable y la relación de madurez no se diferenciaron significativamente entre los estados pintón y maduro, por lo cual, la madurez fisiológica se ubica cerca del estado pintón.

El contenido de vitamina C del cuque es medianamente alto lo que destaca este fruto por ser un complemento vitamínico importante para la población.



AGRADECIMIENTOS

A la comunidad de la vereda El Carmen del municipio de Duitama, Boyacá y en especial a la Institución Educativa Agroindustrial Francisco Medrano, al Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (Sinchi) y al profesor Alejandro Cleves (UPTC Duitama) por su iniciativa en la investigación de frutales nativos y exóticos.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Alvarez-Herrera, J.G., J.A. Galvis y H.E. Balaguera-López. 2009. Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). Agron. Colomb. 27(2), 253-259.
- Angulo, R. (ed.). 2006. Lulo: El cultivo. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. pp. 11-15.
- Barbera, G., F. Carini, P. Inglese y M. Panno. 1992. 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, 397-312.
- Campana, B.M.R. 2007. Índices de madurez, cosecha y empaque de frutas. pp. 705-768. En: Sozzi, G.O. (ed.). Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Fischer, G. 1995. Effect of root zone temperature and tropical altitude on growth, development and fruit quality of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). Tesis de doctorado. Agricultural and Horticultural Faculty, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlín.
- Fischer, G., A. Herrera y P.J. Almanza. 2011. Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). pp. 374-396. En: Yahia E.M. (ed.). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Vol. 2. Acai to citrus. Woodhead Publishing Ltd., Cambridge, UK.
- Fischer, G. y P. Lüdders. 1997. Developmental changes of carbohydrates in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) fruits in relation to the calyx and the leaves. Agron. Colomb. 14(2), 95-107.
- Fischer, G. y O. Martínez. 1999. Calidad y madurez de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) en relación con la coloración del fruto. Agron. Colomb. 16(1-3), 35-39.
- Fischer, G., F. Ramírez y P.J. Almanza-Merchán. 2012. Inducción floral, floración y desarrollo del fruto. pp. 120-140. En: Fischer, G. (ed.). Manual para el cultivo de frutales en el trópico. Produmedios, Bogotá.
- Fory, P. 2005. Caracterización y análisis molecular de la diversidad genética de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y seis especies relacionadas de la sección Lasiocarpa. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia.
- Franco, G., J. Bernal, M. Giraldo, P. Tamayo, O. Cataño, A. Tamayo, J. Gallego, M. Botero, J. Rodríguez, N. Guevara, J. Morales, M. Londoño, G. Ríos, J. Rodríguez, J. Cardona, J. Zuleta, J. Castaño y M. Ramírez. 2002. El cultivo del lulo: manual técnico. Corpoica Regionales 9 y 4, Manizales, Colombia.
- Gallo P., F. 1996. Manual de fisiología, patología postcosecha y control de calidad de frutas y hortalizas. SENA, Regional Quindío, Armenia, Colombia.
- Gil, G.F. 2006. Fruticultura: la producción de fruta. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Heiser, C.B. 1985. Ethnobotany of the Naranjilla (*Solanum quitoense*) and its relatives. Econ. Bot. 39, 4-11.
- Heiser, C.B. 1972. The relationships of the naranjilla (*Solanum quitoense*). Biotropica 4(2), 77-84.
- Herrera, A. 2011. Poscosecha de perezaderos: prácticas de laboratorio. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Herrmann, K. 2001. Inhaltsstoffe von Obst und Gemüse. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Alemania.

- Hobson, G.E. 1996. Maduración del fruto. pp. 463-478. En: Azcón-Bieto, J. y M. Talón (eds.). Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana McGraw-Hill, Bogotá.
- Icontec. 1997. Norma Técnica Colombiana 285. Frutas procesadas, mermelada y jaleas de frutas. Bogotá.
- Kader, A.A. 2002. Las frutas en el mercado global. pp. 1-16. En: Knee, M. (ed.). Bases biológicas de la calidad de la fruta. Editorial Acirbia, Zaragoza, España.
- Kays, S. 2004. Postharvest biology. Exon Press, Athens, GA.
- Lobo, M. 2006. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual. Rev. Corpoica - Cienc. Tecnol. Agropec. 7(2), 40-54.
- Lobo, M., C. Medina, O. Delgado y A. Bermeo. 2007. Variabilidad morfológica de la colección colombiana de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) y especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa*. Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín 60(2), 3939-3964.
- Matas, E. 2008. El pH en la conservación de alimentos. En: Aula Chocovic, <http://www.aulachocovic.es/docs>; consulta: agosto de 2008.
- Mazorra, M.F., A.P. Quintana, D. Miranda, G. Fischer y M. Chaparro de Valencia. 2006. Aspectos anatómicos de la formación y crecimiento del fruto de la uchuva *Physalis peruviana* (Solanaceae). Acta Biol. Colomb. 11(1), 69-81.
- Nanos, G.D. y A.A. Kader. 1993. Low O₂-induced changes in pH and energy charge in pear fruit tissue. Postharvest Biol. Technol. 3, 285-291.
- Parra C., A. y J.E. Hernández H. 2005. Fisiología postcosecha de frutas. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Osterloh, A., G. Ebert, W.H. Held, H. Schulz y E. Urban. 1996. Lagerung von Obst und Südfrüchten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, Alemania.
- Pantástico, E.B. 1975. Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables. AVI Publishing Company, Westport, CT.
- Parra, R. 2006. Caracterización preliminar del frutal cuque en la vereda El Carmen del municipio de Duitama. Trabajo de grado. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Duitama, Colombia.
- Reid, M.S. 2002. Maturation and maturity indices. pp. 55-62. En: Kader, A.A. (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. 3th edition. University of California, Agricultural and Natural Resources, Publication 3311. Oakland, CA.
- Reina, C., C. Araujo e I. Manrique. 1998. Manejo poscosecha y evaluación de la calidad del Lulo (*Solanum quitoense* sp.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana, Neiva, Colombia.
- Sozzi, G.O. 2007. Fisiología de maduración de los frutos de especies leñosas. pp. 668-687. En: Sozzi, G.O. (ed.). Árboles frutales: ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires.
- Suárez, M. y C. Duque. 1991. Volatile constituents of lulo (*Solanum vestissimum* D.) fruit. J. Agr. Food Chem. 39, 1498-1500.
- Whalen, M.D., D.E. Costich y C.B. Heiser. 1981. Taxonomy of *Solanum* section *Lasiocarpa*. Gentes Herbarium 12(2), 41-129.
- Wills, R., B. McGlasson, D. Graham y D. Joyce. 2007. Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. CAB International, Wallingford, UK.